

# コンシューマデバイス開発者育成のための ECHONET Lite 教育コンテンツの開発

杉村 博<sup>1,a)</sup> 三栖 貴行<sup>1,b)</sup> 山崎 洋一<sup>1,c)</sup> 笹川 雄司<sup>2,d)</sup> 藤田 裕之<sup>2,e)</sup> 関家 一雄<sup>2,f)</sup>  
村上 隆史<sup>1,g)</sup> 一色 正男<sup>1,2,h)</sup>

**概要 :** IoT, WoT といったキーワードと共に, Web と家電の連携に注目が集まっており, 2011 年 12 月 16 日には経済産業省が日本国内での HEMS 標準プロトコルとして ECHONET Lite の推奨を決定し, さらに ECHONET Lite 対応スマートメータに関しても来年度 4 月から全家庭への本格導入も決定している. ECHONET Lite はオープンな規格であり, 誰もがインターネットから規格書をダウンロードして開発を始められるにもかかわらず, 具体的なサンプルソースコードや通信シーケンスといった情報が不足しており, 本格的な技術者はまだ少ない. そこで本研究では ECHONET Lite 技術者を育成するために, Arduino や Raspberry Pi, JavaScript, Ruby 等を用いた幅広いサンプルを提示することで理解可能性の高い教育コンテンツを作成する.

**キーワード :** HEMS, ネットワーク家電, 教育, コンシューマデバイス, ECHONET Lite

## Development of Educational Contents for ECHONET Lite

HIROSHI SUGIMURA<sup>1,a)</sup> TAKAYUKI MISU<sup>1,b)</sup> YOICHI YAMAZAKI<sup>1,c)</sup> YUUJI SASAGAWA<sup>2,d)</sup>  
HIROYUKI FUJITA<sup>2,e)</sup> KAZUO SEKIYA<sup>2,f)</sup> TAKASHI MURAKAMI<sup>1,g)</sup> MASAO ISSHIKI<sup>1,2,h)</sup>

**Abstract:** A technique to collaborate Web and home appliances grows increasingly importance with IoT and WoT. Ministry of Economy, Trade and Industry decided to recommend ECHONET Lite as the standard interface for connecting electric appliances and electronic equipments in the home to a home energy management system. In addition, the ministry specifies to use ECHONET Lite for the smart meter B route. However engineers having a working knowledge of the protocol are few. In order to train engineers, we thus develop educational contents and sample source code using several techniques such as Arduino, Raspberry Pi, JavaScript, Node.js, and Ruby. And also, we show experimental results of training using the contents.

**Keywords:** HEMS, Network-connected Home Appliances, Education, Consumer Device, ECHONET Lite

<sup>1</sup> 神奈川工科大学 ホームエレクトロニクス開発学科  
Dept. of Home Electronics Development,  
Faculty of Creative Engineering,  
Kanagawa Institute of Technology.  
Shimo-ogino 1030, Atsugi, Kanagawa, Japan.

<sup>2</sup> 神奈川工科大学大学 スマートハウス研究センター  
Smart House Research Center, Kanagawa Institute of Technology, Japan.

a) sugimura@he.kanagawa-it.ac.jp  
b) t-misu@he.kanagawa-it.ac.jp  
c) yamazaki@he.kanagawa-it.ac.jp  
d) sasagawa@he.kanagawa-it.ac.jp  
e) hiro.fujita@he.kanagawa-it.ac.jp  
f) sekiya@he.kanagawa-it.ac.jp

## 1. はじめに

神奈川工科大学では 2012 年 11 月 21 日に HEMS 認証支援センター [1] を立ち上げて以来, ECHONET Lite の普及と開発促進の支援を行ってきた. 日本だけでなくインドネシアやマレーシアでも講演や実習を行う教育セミナーを開催している. 世界初の HEMS 認証支援センターという場を提供することで, 大企業だけでなく中小企業も ECHONET

<sup>g)</sup> murakami.takashi@jp.panasonic.com

<sup>h)</sup> masao@he.kanagawa-it.ac.jp

Lite 製品を開発できるようになり、2年間で45種類の機器の相互接続試験の認証を支援した。研究分野においても ECHONET Lite を用いた研究が増えており、複数の学会で研究が発表されていることから家電に関する ECHONET Lite の需要が高まっている [2], [3], [4], [5], [6], [7]。とくに IoT, WoT といったキーワードと共に、Web と家電の連携には注目が集まっている [8]。スマートメータに関しても来年度四月から本格導入が決定しており、HEMS でのデータ活用の検討も始まっている [9]。

このような技術的盛り上がりと対照に、実際の家電小売店や家電展示会ではあまり大きな市場を形成できていない。ECHONET Lite 対応機器の不足によるサービスの不足と、ECHONET Lite 対応サービスの不足というジレンマ的課題が大きいところであるが、まだまだ専門知識を持った技術者の不足や、一般ユーザへの知識の浸透の不足も大きいと考えられる。そこで本研究ではコンシューマデバイス開発者教育のために、ECHONET Lite の教育コンテンツを開発する。これによって ECHONET Lite 対応機器開発の学習コストを引き下げるとともに、教育者を増加させる効果を期待できる。本研究では作成したコンテンツを利用して実際に教育を実施することで、ECHONET Lite の技術教育に関する必要機材や必要知識の前提条件、学習のハードル、教育時に頻出する課題などを明らかにすることで、コンテンツの改良を行う。

## 2. 学習の問題と解決策

ECHONET Lite は規格書がオープンになっており、インターネットから簡単にダウンロードして読むことができる [10]。このため誰でも ECHONET Lite プロトコルを学習して利用できる環境になっているが、実際の機器製品を開発する上での具体的な設計が困難である。そこで、まずは HEMS 認証支援センターを利用するために訪れた実際の開発を行っている人の意見を集めることによって検討した結果、下記の問題点が分かった。

- 実際のプロトコル利用方法や実例などがなく、お手本がない。
- 家電開発者目線で規格が記述されており、コントローラ開発者にとっては規格書が読み解きにくい。
- 市場には市販されている ECHONET Lite 機器が少なく、テスト環境を整えることが困難である。
- エラーケースに関して記載が散乱しており、フローの理解が困難である。

これらの問題点を解決するために、下記のような点に注意して教育コンテンツを開発する。

- 実際に動作するソースコードを基に解説し、お手本となるサンプルを提供する。
- コントローラ目線の開発内容を記載し、機器側とコントローラ側の両方の解説を行う。

- 教科書の内容で開発した機器自体が ECHONET Lite の簡単なテスト環境となる物とする。
- エラーケース処理に関するフローチャートを図で解説する。

## 3. 作成するコンテンツ

ECHONET Lite 教育コンテンツとして、教科書とスライドを作成する。教科書は下記のように8章構成とした。

- (1) スマートハウスと ECHONET Lite の基礎知識
- (2) SSNG を用いた ECHONET Lite 通信テスト
- (3) Wireshark を利用したパケットモニタリング
- (4) Arduino で LED 照明を作成しよう
- (5) Ruby による簡易コントローラ
- (6) Raspberry Pi と Node.js によるコントローラスクリプト
- (7) Raspberry Pi と OpenECHO による機器開発
- (8) 付録

1章では最近のスマートハウスや HEMS に関する動向と ECHONET Lite の概要を説明する。具体例やシーケンス図を示すことで直感的理解を助けるとともに、実際の開発時に注意すべき点について解説する。さらに、規格バージョン間の違いにも触れることで、入門者だけでなく実際の開発者にも有用な情報を示す。本章は ECHONET Lite 開発に関する前提知識であるのですべての学習者が学び、その後の2章から7章に関しては各学習者の興味分野に応じて学習する順番を選択できるよう、なるべく独立して学習可能な構成にする。

2章では Super Speed Node Generator for ECHONET Lite (以後、SSNG) という神奈川工科大学で配布している Windows 用の ECHONET Lite コントローラソフトウェアを利用して、実際の家電機器を動作する実験の様子を示す。学生が開発したソフトウェアを利用して既に販売されているエアコンやダウンライトが動作する事を示すとともに、この時の ECHONET Lite 通信フレームを具体的に示すことで理解が深まる。

3章では Wireshark を用いて ECHONET Lite 通信フレームの確認を行う。パケットモニタリングソフトを利用することで一般的なネットワークフレームについて触れるとともに、以降の章での開発で役立つ設定を行う。以降の章では具体的な開発内容に入る。

4章では Arduino Uno R3 と Arduino Ethernet Shield を用いて ECHONET Lite で遠隔操作可能な LED 照明を開発する。なるべくシンプルなソースコードを基にして解説を行い、プログラムソースコードはインターネット上からダウンロードできるようにして授業時間短縮を図る。また、マイコン基板を利用するため、ブレッドボードレベルの簡単な電子回路の説明も行い、照明の照度制御を PWM によって行うことで発展的な教育ができる内容にする。

5章では Ruby を用いて簡易コントローラを開発する。Ruby は Windows, Linux, Mac OS にまたがって利用可能で、簡素にスクリプトを記述できることから教育や研究に向いている言語である。実際にコンテンツとして開発したスクリプトは 15 行と短く、シンプルに実験、教育ができるサンプルとなった。

6章では Node.js を利用して JavaScript を用いた ECHONET Lite コントローラサーバを構築する。Ruby と同様にスクリプトで動作するため実装実験が簡易的に行え、ノンブロッキング I/O を使用しており、WebSocket も容易に実装できるためサーバ構築に向いている。本章では ECHONET Lite コントローラとなる Web サーバを構築し、他の PC のブラウザからアクセスすることを想定している。Web サーバはホームゲートウェイをイメージしやすいように Raspberry Pi を用いる。

7章では OpenECHO を利用して Raspberry Pi 上に ECHONET Lite 照明を開発する。OpenECHO は Java ベースのオープンソースな ECHONET Lite ライブラリであり、MIT ライセンスで配布されている [11]。既に教育の分野で多く利用されている Processing 上で開発ができるため、情報系分野の教育として有用性が高い。

8章の付録では本文に記述すると煩雑になる情報をまとめた。Raspberry Pi や Node.js, Ruby といったツール自体のインストールや基礎設定、ネットワークプロキシや日本語の文字化けへの FAQ 的な内容を説明している。

サンプルソースコードは授業時間短縮のためにインターネットからダウンロードできるように公開した [12]。互換性のために文字コードを UTF-8(UTF-8N) で保存している。

ECHONET Lite 用スライドは Microsoft PowerPoint を用いて作成した。このスライドには単純な座学用の情報表示としてではなく、VBA を用いてスライド内から ECHONET Lite 通信を行えるように工夫を施した。これによって授業用に特別なソフトウェアを用いる必要もなくなり、教師側の利点としては専用のソフトウェアの使い方を学ぶ必要がなくなり、学生側はスライドと特別なソフトウェアとの切り替えによる集中力の途切れもなくなると考えられる。さらにオフィスのような汎用ソフトウェアを用いて実際に家電コントロールを行うことを受講者に示すことで、ECHONET Lite 規格がオープンであり、IP ベースであることの利点を実感できると考えられる。また、通信部分はモジュール化を行っているため、授業内容に合わせてスライドのデザインを修正することができる上に、実習形式による学生の ECHONET Lite コントローラ開発体験も合わせて教育内容を検討可能となる。

## 4. 教育の実施

実際に本学大学生 3 名に対して教育を実施し、作成した

コンテンツの評価を行った。教育対象となる大学生は主に電気系の教育を受けてきており、プログラミングは初心者程度である。教育内容は教科書の 8 章を除いたすべての内容を行った。教育のために用意した物は下記である。

- 教科書
- Netduino R3
- Raspberry Pi Type B
- 8GB SD カード
- ブレッドボード
- 抵抗, LED, スイッチ
- ケーブル類

アンケート内容としては下記の 6 項目を収集した。

- 本書のレベル (3 段階)
- 既に学んだ技術
- 本書を手にとった目的
- 本書で役に立った箇所
- 本書で分かりにくかった箇所
- 本書に追加してほしい内容

さらに、本コンテンツに関して教育だけでなく大きな視点での利用可能性の検討を行うために、ECHONET Lite に関して既に知識のある技術者 2 名と大学院生 1 名、ECHONET Lite には詳しくないが情報教育を行っている大学教授 2 名にも教科書を見ていただき、意見を集めた。

## 5. 結果

アンケートは各章で分けて行った。アンケート結果を図 1, 2 に示す。図 1 の結果から、授業用としては「普通」という評価が多かった。3 章はパケットモニタの使い方だけであるので「やさしい」によっており、8 章は付録であり、7 章が最後の章であるの内容が盛り込んであり「難しい」ということが分かる。この結果は電気系の学生だけで、情報系の学生にとっては別の箇所が「難しい」になることを想定している。特に 4, 5 章は電気回路系の話題が入っているため、ここが「難しい」寄りになると思われる。

図 2 のグラフは電気系学生の学習状況を収集したものである。今回は大学 4 年生 4 名からこのグラフを作成した。電気回路は 100% 学習しているが、他はこれと言って中心になる言語やプラットフォームはないように見受けられる。これは受講者のスキルの不統一性を示しており、教師側としては教育の困難さを示していると思われる。

表 1 に、アンケートによって取得した教育コンテンツの要望に関する自由記述の内容と、それに対する対策内容や検討事項をまとめた。本コンテンツに対する内容も多くあるが、一般論も多く収集することができたため、事例として紹介しておく。

## 6. おわりに

本研究は ECHONET Lite に関する教育コンテンツの作

表 1 難しかったところ, その他要望の自由記述

Table 1 Results of the questionnaire.

対象	内容	対応内容
全体的な要望	最初に必要機材と知識明記, 各章に必要機材と知識明記してほしい. さらに詳しく知りたい人向けの参考資料の記述追加してほしい. 辞書的に, 章ごとの色分けなどしてページを飛びやすくしてほしい. 各章の最後に応用問題, 練習問題があるとさらに理解が深められる. 専門用語には下線を引き, 別の場所に辞書的に説明するとよい. サンプルプログラムのフローチャートがあるとよい.	各章の初めに必要な機材と, 章を読み進める上で想定する前提知識を明記した. 修正予定として, 章ごとの色分けは冊子化する際に行う. 各章に練習問題と解答を作成する. 専門用語辞書は対応表を作る. フローチャートを追加する. JavaScript はフローチャート作成が困難なため, 要検討とする.
1 章	1.2 の「現状はこれらバージョンの差異についてはコントローラで吸収することとなっています」が突如コントローラが出てきて理解困難である. 文中参照 URL の内容を事前に知りたい. 不可応答 (SNA) が理解困難.	コントローライメージが分かるように図を修正した. 文中 URL と内容説明を近づけた. 不可応答 SNA に関してフローチャートを追加した. 他は記述ミスと説明が抜けていた部分のため, 追加修正を行った.
2 章	ログの下線部分に一言説明がほしい. 他の機器の制御も追加してほしい.	解説しない部分に下線がつくなど, 強調部分が多すぎたため削除した. 市販の他の機器がまだないため, 販売され次第追加する予定である.
3 章	図 3.3 のキャプチャ (5), バイト列の見方が書いていないのでわからない. バイト列の説明について簡単でいいから説明を追加してほしい.	バイト列の説明に関しては煩雑になることが予想されるため, 今回の教科書として入れ込む内容かどうかから検討を行う.
4 章	点灯しない時のヒント, トラブルシューティングが欲しい. 図 4.2 にアノード, カソードの向きを付け加えてほしい. 4.3 の「プログラム作成で面倒くさい人向け」という文をもう少し考慮する. 4.12 の SSNG での RGB3 バイトで制御する方法がわかりにくい LED 以外を制御する方法を追加してほしい.	図 4.2 に関する電気回路図を追加することとする. 文章の表現を改める. LED 以外を制御する方法に関しては重要と考えているが, モーターなどはモータードライバなどの別の知識で説明が煩雑になる可能性が高いため, 要検討事項とする.
5 章	Ruby の簡易スクリプトで何ができるのかあまり書いていないのでもう少し説明を書いてほしい. 図 5.1 のネットワーク図の説明文が欲しい. 押したボタンで on-off などができるプログラムを追加してほしい.	スクリプトの説明を追加した. ネットワーク図に関して説明を追加した. Ruby で GUI を作成する為には TK の説明が必要になるため, 要検討とする.
6 章	イベントハンドラ登録という説明が分かりづらい. Git についての説明が欲しい. どういう風に動作すると成功したのかがわからなかった. プログラムが成功した場合の動作の流れを追加してほしい.	イベントハンドラが分かりづらいというよりは, コールバック関数やメソッドのオーバーロードを理解していないと思われる. 基礎的なプログラミングの授業の見直しが必要な可能性が見えた.
7 章	うまく点灯しないケースがあり, 時間がかかった. 自分の力で行って行くことで身につけていくものであると思うが, ある程度のトラブルシューティングのような内容は記載していても良いと思った. Processing の説明が長すぎ, 本来伝えるべき内容が分かりにくい. インストール手順が淡々としすぎていて, なぜそのインストールが必要かが分からない. 手順が多いので, インストールから動作まで各所に上手くいかなかった場合のトラブルシューティングがほしい.	Raspberry Pi は OS や Node.js に関してバージョンの差異が大きく出る上に, 現在短期間でバージョンアップしているため, 教育用とするには環境統一が困難であることが分かった. 実際に教科書コンテンツとするには OS イメージファイルを再構築して環境固定する必要がある.
8 章	設定に失敗した場合の修正方法が必要と感じた. 私は特に問題なく作業できたが, 情報に関する知識がほとんどない人でもっと触れやすい教科書になると感じた. jfbterm と uim のインストールの意味が分からないので, なぜ必要なのか書いてほしい. Raspberry Pi の設定に失敗してしまった場合の初期化手順が欲しい.	上述した通り, バージョン違いによるインストールの失敗や, 大学の Proxy 設定に関する問題が発見された. 8 章のような FAQ は重要であるが, 情報提供の線引きや最新情報への更新の手間が非常に大きくなることが分かった.

製を行い, 実際の教育を通して, 問題点やコンテンツの改良点について検討を行った. ECHONET Lite はサービス開発とデバイス普及のジレンマが存在するが, 開発した教育コンテンツによって技術が普及し, 家電開発が加速する事を期待している. 今後, 家電はネットワークに繋がり,

サービスと一体となった販売戦略が重要になってくると考えられるため, このような教育コンテンツの改良は重要であると考え, 今後も進めてゆく予定である.

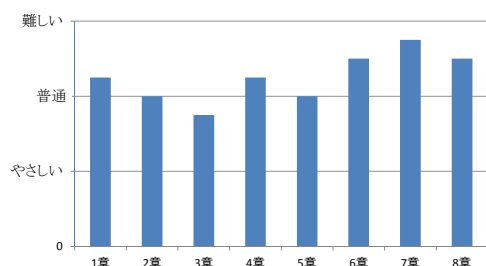


図 1 各章の学習難易度

Fig. 1 Difficulties of each chapter.

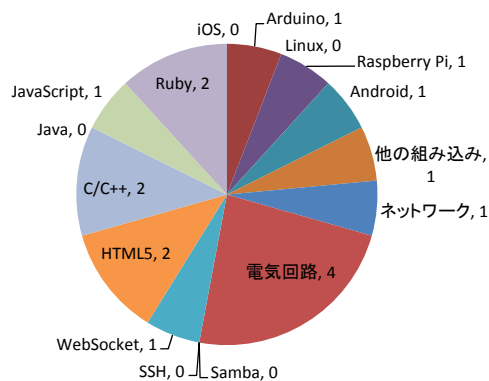


図 2 学習前の習得技術

Fig. 2 Skills before the education.

## 参考文献

- [1] HEMS(ECHONETLite) 認証支援センター: <http://sh-center.org/> (2014).
- [2] 村上隆史: 4-2. ECHONET Lite 規格とサービス事例の紹介 (4. 垂直統合型 M2M, <特集> M2M サービスを支える情報通信技術), 電子情報通信学会誌, Vol. 96, No. 5, pp. 318-323 (2013).
- [3] Tamai, Hisatsugu and Yamada, Akitsugu: Approach to Smart House Services, FUJITSU Sci. Tech. J, Vol. 50, No. 2, pp. 35-40 (2014).
- [4] 寺岡秀敏 and 今井光洋 and 小坂忠義 and 奈良祐樹 and 小田輝: サービスゲートウェイ向け ECHONET Lite パンドルの開発, 情報処理学会研究報告. GN,[グループウェアとネットワークサービス], Vol. 2013, No. 39, pp. 1-8 (2013).
- [5] 林泰弘: 東日本大震災以降のスマートグリッドのエネルギーマネジメント, 電気学会論文誌. B, 電力・エネルギー部門誌, Vol. 133, No. 3, pp. 225-228 (2013).
- [6] 安本慶一: スマートホーム実現に向けた家庭内デバイスへの統合アクセスミドルウェア, 滋賀大学経済学会 (2014).
- [7] 松倉隆一: 家電を Web で制御するサービスプラットフォーム, 情報処理学会研究報告. EC, エンタテインメントコンピューティング, Vol. 2014, No. 48, pp. 1-8 (2014).
- [8] 増尾剛 and 中村二郎 and 松岡茂登 and 長谷川剛 and 村田正幸 and 松田和浩: リアルタイム Web 技術による HEMS サービスクラウド化の検討, 電子情報通信学会技術研究報告 (NS2012-117), Vol. 112, No. 350, pp. 1-6 (2012).
- [9] 亀谷哲郎: HEMS から見たスマートメータの標準化動向とデータ活用方法 (特集 電子・情報・システム分野の最先端技術), 電気学会論文誌. C, 電子・情報・システム部門誌, Vol. 133, No. 3, pp. 575-578 (2013).
- [10] エコーネット規格 (一般公開版), <http://www.echonet.gr.jp/spec/> (2014)

- [11] SonyCSL/OpenECHO, GitHub: <https://github.com/SonyCSL/OpenECHO> (2014)
- [12] Kanagawa Institute of Technology, HEMS: <http://www.he.kanagawa-it.ac.jp/~sugimura/smarthouse.htm> (2014)