

ライブラリを用いた足場かけに基づくデータ利活用人材

育成プログラムの開発と市民講座における実践

米谷雄介^{*1}, 米丸浩一郎^{*2}, 樋川直人^{*3}, 高橋亨輔^{*1}, 後藤田中^{*1}, 國枝孝之^{*1}, 八重樫理人^{*1}

^{*1} 香川大学, ^{*2} 日本電気株式会社, ^{*3} かがわ県民情報サービス株式会社

Data utilization skill development program based on scaffolding using libraries, and its practice in citizen lecture

Yusuke Kometani^{*1}, Koichiro Yonemaru^{*2}, Naoto Hikawa^{*3},

Kyosuke Takahashi^{*1}, Naka Gotoda^{*1}, Takayuki Kunieda^{*1}, Rihito Yaegashi^{*1}

^{*1} Kagawa University, ^{*2} NEC Corporation, ^{*3} Kagawa Information Service Co., Ltd.

世界のデータ利活用スマートシティは、分野横断型、課題解決型、進化型、市民中心設計といった観点を組み入れ持続的な都市経営に資する方向へと動いている。我々は、分野横断型のデータ利活用プラットフォームを基盤として市民中心設計を支援するデータ利活用人材育成プログラムを開発した。ライブラリを提供し、プログラミングの学習経験を持たない学習者にもプロトタイピングを可能にさせる。本稿では、本手法の市民講座における実践結果を報告し、本人材育成プログラムの有用性を議論する。

キーワード: スマートシティ, データ利活用, FIWARE, 市民中心設計, プロトタイピング

1. はじめに

世界のデータ利活用スマートシティは、分野横断型、課題解決型、進化型、市民中心設計といった観点を組み入れ持続的な都市経営に資する方向へと動いている⁽¹⁾。分野横断型とは、交通、防災、観光、ヘルスケアなどの異分野のデータを統合して活用する形態であり、データの多様性を価値創出の根拠としている。課題解決型とは、解決手段にこだわらず課題解決を第1義とする考え方である。進化型とはサービスの利用実績に基づきサービスそのものが成長していく形態である。最後に市民中心設計とは、課題解決による都市経営や、都市サービスの進化に市民が積極的に関与することを意味する。本研究ではデータを利活用した課題解決や都市サービスの進化に貢献できる人材をデータ利活用人材と呼ぶ。豊かなスマートシティを実現するために、データ利活用人材の育成が重要である。

サービス創出に関与する人材の多様性がサービスの価値を高めるといわれる。また、アイデア発想を促すためにサービスのプロトタイプを作ることは有効である。

したがって、多様な背景を持つ学習者がデータ利活用サービスのプロトタイプを作成できそれらに基づくアイデア発想を可能にする教育システムを整備することがデータ利活用人材育成に対し効果的である。

データ利活用サービスは Web やスマートフォンなどのアプリとして提供され、その開発には ICT や IoT の活用が前提となる。そのため、プロトタイプの作成には、プログラミング・センサに関する知識・スキルが必要となる。多様な背景をもつ学習者に対し教育システムが備えるべき機能は以下の2種類である：

学習支援機能: プロトタイプ作成の前提となる知識・スキルの獲得を教育システムが支援する

知識補完機能: プロトタイプ作成の前提となる知識・スキルを教育システムが補完する

機能の妥当性は、人材育成の目的に依存する。例えば、高度な機能を有するアプリ開発ができる人材育成であれば、基礎を固めることが重要であり、学習支援機能が必要である。一方、データ利活用への興味関心を高めたり、アイデア交換の場を設けコミュニティを活性

化したりするなど、普及・啓発が目的であれば、障壁を下げる知識補完機能が効果的であるといえる。

本研究は、データ利活用人材の裾野を広げ、その後、より高度なスキルを持った人材を育成するという順序が妥当であると考え、第1段階の普及・啓発を目的とする。したがって知識補完機能を有する人材育成プログラムを設計・実装・評価する。

本稿は、まず人材育成プログラムのデザイン指針を提案する。分野横断型のデータ利活用プラットフォームを活用し、プログラミングやセンサなどデータ利活用アプリを開発するための知識・スキルをライブラリにより補完する。続いて、デザイン指針に基づき人材育成プログラムを開発する。最後に、本プログラムを市民講座で活用した実践結果を報告し、本プログラムの有用性を議論する。

2. 人材育成プログラムのデザイン指針

デザイン指針を定め、指針に基づく人材育成プログラムの開発を可能にする。

2.1 人材育成プログラムの要件

2.1.1 基本要件

基本要件は、1章において述べたとおり、学習者がデータ利活用アプリのプロトタイプを作成する際の知識・スキルを補完することである。ただし、学習者に要求される最低限の知識・スキルを定めることが必要である。

アプリはパソコンを用いて開発することを前提とすると、パソコンの基本操作や文書作成やデータ入力などの事務作業能力は必要である。そこで、最低限のスキルとして普段からOfficeソフトを活用していることを学習者の条件とした。

2.1.2 IoTソフトウェアプラットフォーム

分野横断型のデータを扱える環境を要件とする。スマートシティの実装として SmartSantader, City of Things, IoT-LAB, Bristol Is Open などがあり、それぞれが基盤となるIoTソフトウェアプラットフォーム上に構築されている²⁾。本研究では、分野横断型データを扱うことが可能なソフトウェアプラットフォームを活用する。

また、オープンデータの利活用を前提とする。オー

ペンデータは、中国語では“開放資料”と記述され、オープンなライセンス(著作権)、オープンなアクセス(入手方法)、オープンな形式という特徴を持ったデータである³⁾。オープンデータは、データの生成者とデータの利活用者が異なることが前提である。以下、“データ”はオープンデータを指すものとする。

2.2 データ利活用アプリ開発における設計要素

図1にデータ利活用アプリの動作を構成する要素を示す。構成要素は、(1)現実のモノ・コト、(2)モノ・コトをデータに変換するプロセス(データ生成プロセス)、(3)蓄積されるデータ、(4)蓄積されたデータを利活用し情報に変換するプロセス(データ利活用プロセス)、(5)ユーザに提供される情報の5種類である。このうち、(2)(4)の変換機能はアプリが提供し、(3)の蓄積機能は2.1に述べたデータ利活用基盤サービスが提供する。

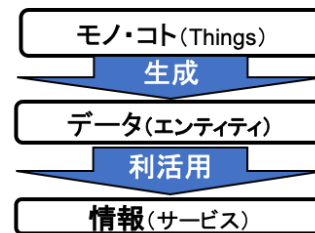


図1 データ利活用アプリの動作を構成する要素

これらのプロセスのうち、(2)(4)では、センサによる周辺環境データの取得、アプリとデータ利活用基盤サービスとの間のデータのやり取り、アプリにおけるデータ加工といった処理のためにプログラミングが必要である。これを補完するため、(2)(4)のプロセスでは、機能群を定義し、学習者が機能を利用できるようパッケージ化する。本研究ではそれらパッケージ群をライブラリと呼ぶ。これにより、学習者は、(1)の「どのようなモノ・コトを対象とするのか」、(3)の「どのようなデータによりモノ・コトを表現するのか」、(5)の「どのような情報を提供するのか」、ならびに(2)(4)のライブラリの組み合わせ方の4点を考慮すればプロトタイプを開発できる。

3. 人材育成プログラムの開発

2章におけるデザイン指針に基づき、人材育成プログラムを開発した。

3.1 利用するソフトウェアプラットフォーム

日本電気株式会社の提供するデータ利活用基盤サービスを活用する。本サービスの実体は、オープンソースソフトウェアである IoT データ利活用プラットフォーム FIWARE⁽⁴⁾である。FIWARE は欧州の官民連携プロジェクトで開発／実証された。

FIWARE は、現実のモノ・コトをデータで表現する標準形式 (NGSI データモデルと呼ぶ) を定めている。標準形式を定めることにより異分野のデータ統合が可能となっている。図 2 に NGSI データモデルを示す。NGSI データモデルは、現実中存在するモノ・コト (例えば、特定の病院や ID 管理されている特定のレンタルサイクルなど) を “Context Entity” として定義し、そのモノ・コトがもつ特徴を “Context Entity Attribute” (属性と呼ぶ) として定義する。さらに個々の属性には、その属性を説明するデータとして “Meta-data” (メタデータと呼ぶ) を付与する形式である。

NGSI データモデルに基づき特徴を抽出したものをそのモノ・コトのデータモデルと呼ぶ。また具体物をデータモデルに当てはめて属性の値を決めたものをエンティティと呼ぶ。図 3 に、NGSI データモデルに基づいて表現された病院のデータモデル、エンティティおよび変換プロセスを示す。なお、エンティティは香川県・高松市のオープンデータカタログサイト^{(5) (6)}において実際に公開されているデータを用いている。

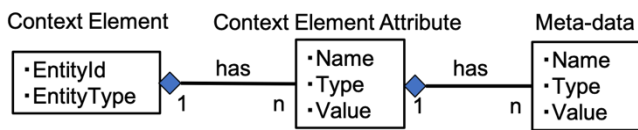


図 2 NGSI データモデル

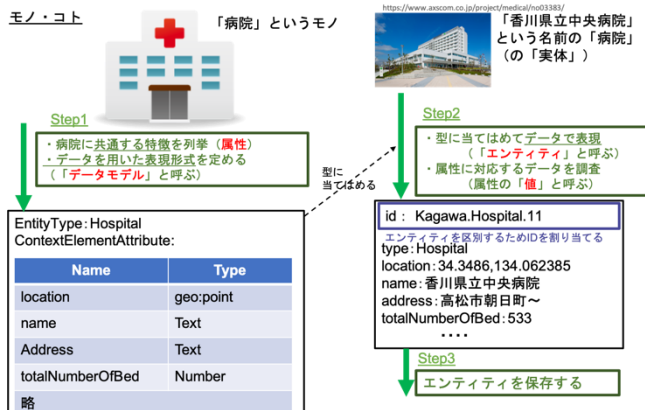


図 3 データモデル／エンティティの抽出例

3.2 開発したライブラリの概要

図 4 は、本研究において開発したアプリの動作を構成する要素である。図 4 のデータ生成／利活用のプロセスにおいてライブラリを提供する。データ生成プロセスにおいて、ライブラリはエンティティの値を入力するためのインタフェースを意味する。図 2 の NGSI データモデルに則り、任意のデータモデルを定義でき、エンティティとして登録することができる。

データ利活用プロセスにおいては、プログラミングにおける関数群をライブラリとして提供する。学習者はまずビュー (可視化の基盤となる表現方法) を選択する。「地図」を選択した学習者は、地図上に表示されるオブジェクトとエンティティとの「対応関係」、オブジェクトの「種類」(「マーカー」「ポリライン」「ポリゴン」), 「属性可視化」の表現方法 (「テキスト」「色」「大きさ」「アイコン」), データの自動同期の有無を関数のパラメータとして指定することができる。破線は学習者が選択できる箇所を示している。

図 5 は、学習者によるアプリデザインのシナリオ例を示す。データ生成プロセスにおける「移動体エンティティ化」とデータ利活用プロセスにおける「AR」を組み合わせることで、特定の移動体の位置をユーザに示すアプリが可能である。例えば、前者を観光ボランティアに持たせ、後者を観光者に持たせる前提とすることで、観光ボランティアと観光者との交流の機会を生み出すアプリのプロトタイプが開発できる。

図 4 のデータ生成プロセス、データ利活用プロセスにおいて、「Web アプリ」とラベルが付与されている箇所は HTML / CSS / JavaScript を用いている。「Android アプリ」とラベルが付与されている箇所は、Java を用いている。現時点では、Android6.0 に対応しており、本プログラムの学習者が保有する端末にもインストールすることができ、動作を試すことができる。最後に「Raspberry Pi アプリ」と記述されている箇所は、JavaScript を用いており、実行環境には Node.js を用いている。

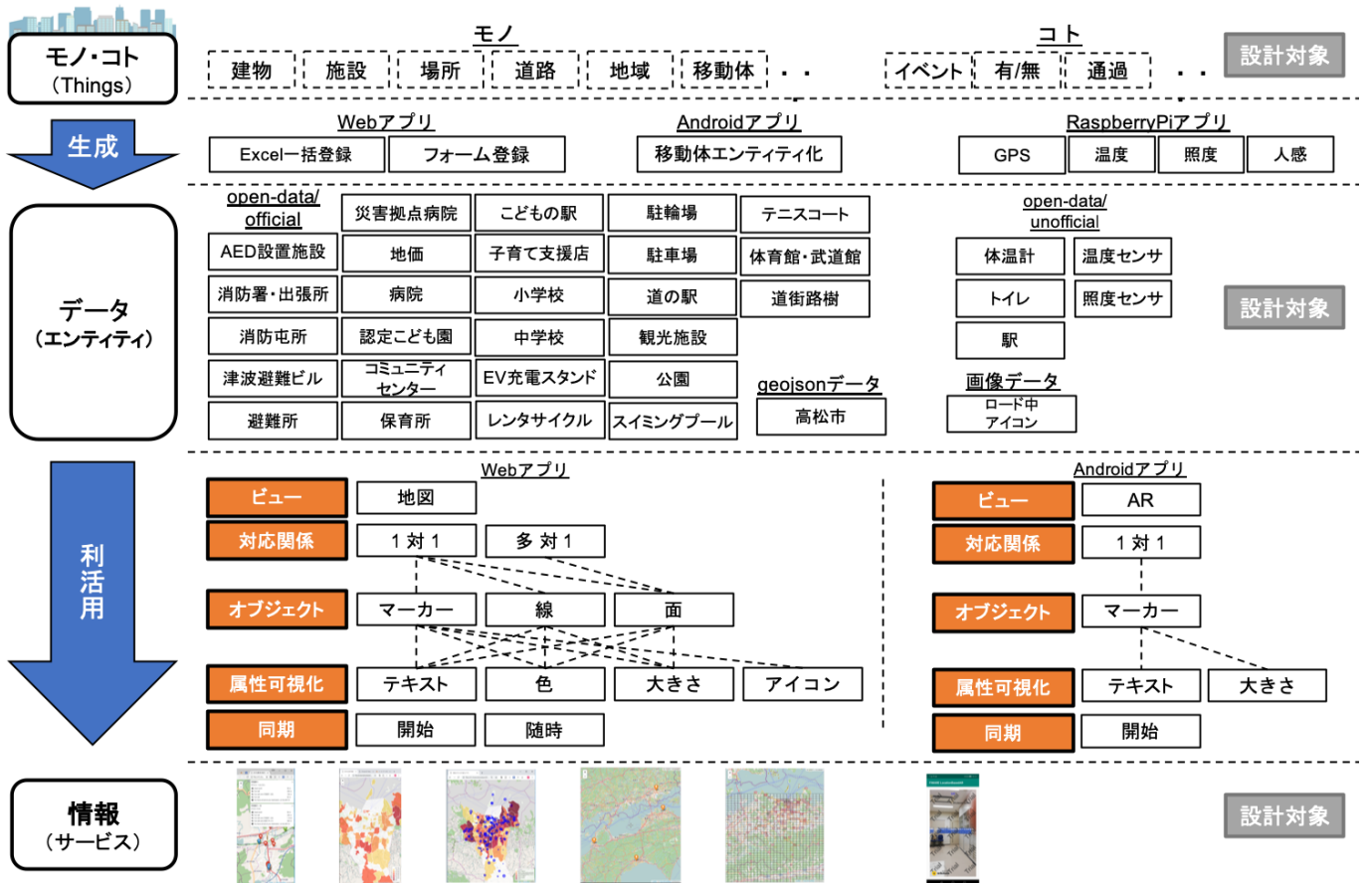


図 4 データ利活用アプリの動作プロセスと開発したライブラリ

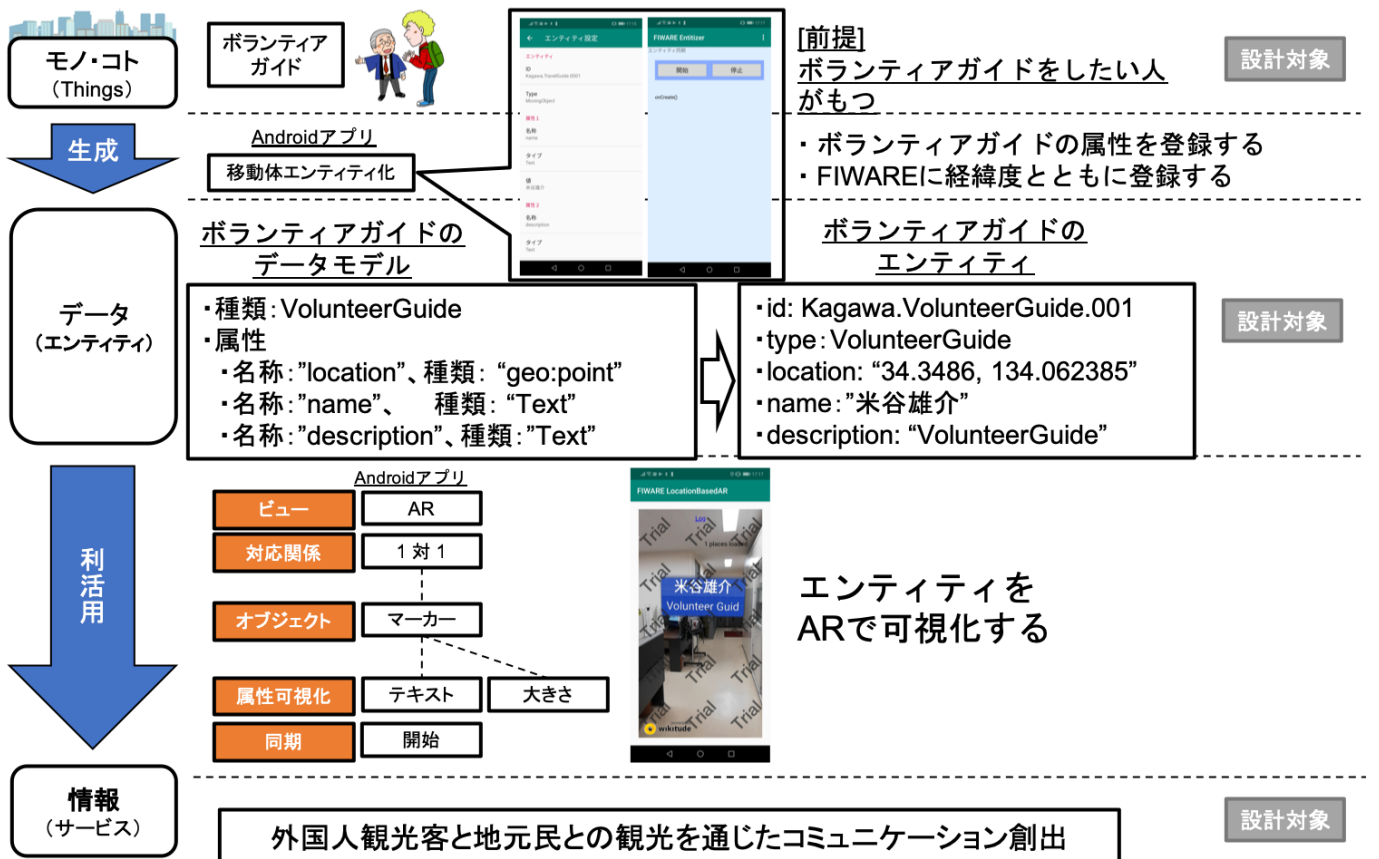


図 5 ライブラリを活用したデータ利活用アプリ設計プロセスの具体例

3.3 データ生成プロセスにおけるライブラリ

データ生成プロセスにおけるライブラリは、Web アプリ、Android アプリ、Raspberry Pi アプリの3種類を実装した。図6はWebアプリの例を示す。図2のNGSIデータモデルは、表形式に変換できる。列方向にデータモデルの属性を取り、行方向にエンティティを追加していく。ExcelファイルをWebアプリにドラッグ&ドロップすることで、修正内容がFIWAREに反映される。本アプリでは登録したエンティティを地図上に布置して確認することができる。また、Excelによる一括登録だけでなく、1つ1つ個別にエンティティを追加できるフォーム機能も用意されている。

さらに、現在地における経緯度を属性としてもつ任意のエンティティを一定時間間隔で生成するスマートフォンアプリを開発し、ライブラリとして提供した。図7に画面を示す。本アプリを動作させながら、スマートフォンを任意の移動体に付与することで、移動体の経緯度の変化を捉えることができる。学習者が、入力フォームの EntityId, EntityType および各属性の名称、種類、値を入力し、「通信開始」ボタンを押すと、アプリは、学習者が入力したデータと自動取得した現在地の経緯度とを合わせて FIWARE に登録する。エンティティの送信内容は「ログ確認」ボタンで確認することができる。

図8に、Raspberry Pi を用いたライブラリを示す。Raspberry Pi の電源を入れると、接続された各センサの値もつエンティティが生成される。学習者は、EntityType や属性（固定値）、および更新時間間隔を追加指定することができる。これにより学習者は環境センシングデータを併せ持つ「乗り物」や「部屋」などのエンティティを収集できる。

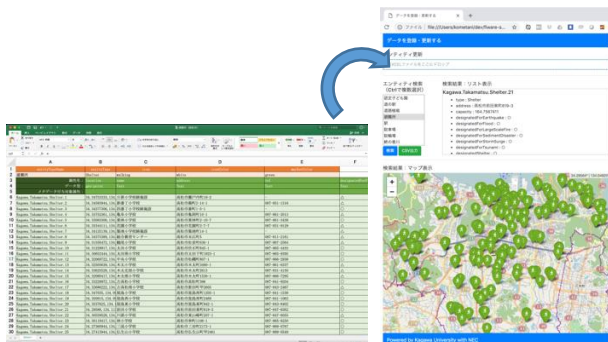


図6 Excelファイルを用いた一括データ更新機能

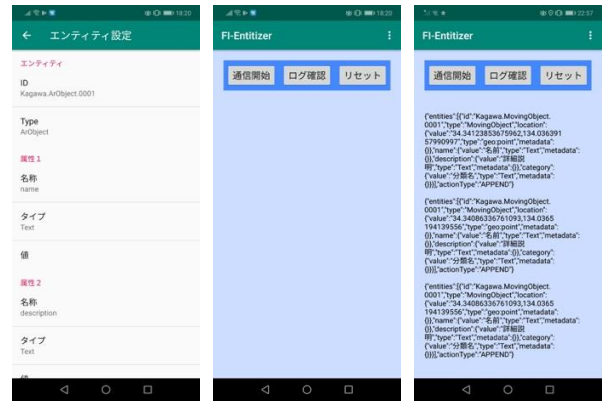


図7 Android端末を用いたライブラリ

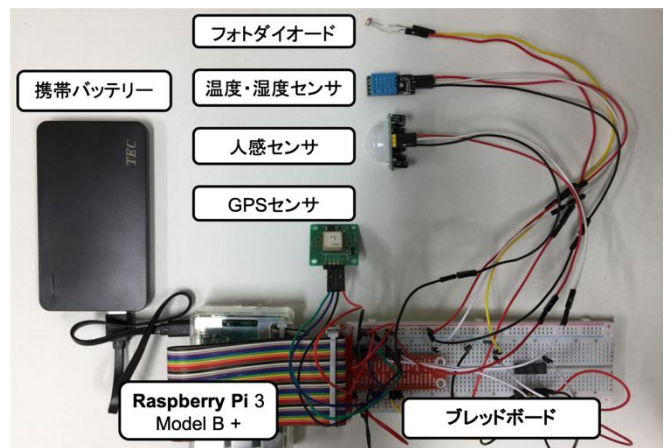


図8 Raspberry Pi を用いたライブラリ

3.4 データ利活用プロセスにおけるライブラリ

データ利活用プロセスにおけるライブラリは、地図表示およびAR表示を選択肢として設けた。図9に、ライブラリを用いたWebアプリ開発の例を示す。ソースコードの例、およびそれにより実現されるアプリの画面を示している。「対応関係」「オブジェクト」「属性可視化」「同期」の設定を関数の引数に与えることで、コード1文で1つの機能を実現できるようになっている。また、異なる設定のコードを追記することにより、情報の重畳表示ができる。例えば、図9はマーカー表示にさらに「面」表示を追加している様子である。これにより学習者は利用可能なデータモデルと表現方法の中から任意の選択肢を組み合わせ、プロトタイプを試行錯誤により開発できる。

図10にAR表示機能を示す。任意のEntityTypeを入力するとそのEntityTypeを値としてもつエンティティをカメラ上に可視化できる。より具体的には、エンティティの持つ経緯度データと、Android端末の現在地の経緯度との比較により、対象が存在する方向を割

り出し、カメラに重畳表示する仕組みである。本機能の実現にあたっては、Wikitude⁽⁷⁾という AR 表示機能を付与するためのサードパーティライブラリを活用した。AR 表示を選択した学習者は、地図表示のような表現上ではなく、AR 表示したい対象物やそのデータ・モデルの設計において工夫ができるようになっている。

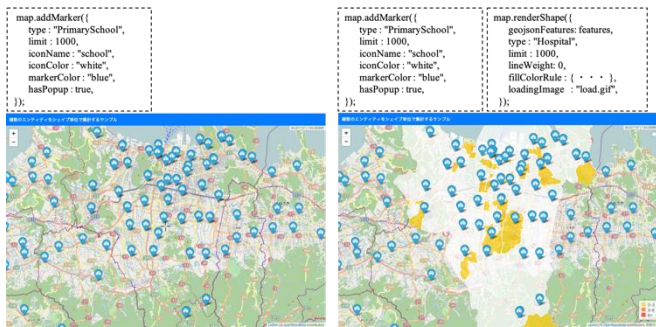


図 9 データ利活用プロセスにおける地図表示機能



図 10 データ利活用プロセスにおける AR 表示機能

3.5 本プログラムにおける学習プロセス

学習者は、以下のプロセスに沿って学習を進める：

(1) ハンズオン（ライブラリの利用を体験してみる）

学習者は、既存のオープンデータとデータ利活用プロセスにおけるライブラリとを組み合わせ、アプリを実装する。図 9 のようなサンプルアプリを提供し、EntityType やパラメータを修正し、アプリ開発の仕方（テキスト編集および Web ブラウザ表示など）やライブラリの使い方に慣れてもらう。

(2) カスタマイズ（既存の道具を応用してみる）

学習者はデータモデルおよびデータ生成プロセスのライブラリを用いてデータを入力する。またデータ利活用プロセスにおけるライブラリのパラメータを変更し、アプリを修正する。

(3) デザイン（知識に基づき新たな要素を加える）

学習者は、生成プロセス/利活用プロセスともに既

存のライブラリを組み合わせる前提で、それ以外の構成要素である「対象とするモノ・コト」「データモデル」「サービス」を設計する。

4. 市民講座における実践

人材育成プログラムを市民講座において実践し、デザイン指針および本プログラムの有用性を検討した。

4.1 本講座の概要

人材育成プログラムの実践を市民講座「まちのデータ研究室」⁽⁸⁾において行った。本講座は香川県・香川大学により共同運営されている。場所は、香川県の JR 高松駅前、ICT の参加体験型施設である e とぴあ・かがわである。表 1 に本講座のスケジュールを示す。1 回あたり 90 分、計 12 回の授業で構成されている。3 章において定義した各学習プロセスは、さらに 4 回ずつに分かれている。

2018 年度の参加者は 22 名である。平均年齢は 31.9 歳 ($S.D.=11.9$ 歳) である。職業の内訳は、社会人 15 名、大学生 2 名、高校生 5 名である。男女比率は、男性 15 名、女性 7 名である。

本講座の講師は第 1 著者が務めた。毎回、3～4 名のアシスタントがトラブルシューティング支援のため参加した。アシスタントは香川大学大学院工学研究科情報情報システム工学専攻の大学院生が担当した。

表 1 本講座のスケジュール

Step	#	開講日	トピック
ハンズオン	H1	8/18 (土)	30 分で作れる地域情報可視化アプリ
	H2	9/8 (土)	データの関連性を探ろう (地域比較)
	H3	9/22 (土)	データの関連性を探ろう (時点比較)
	H4	10/6 (土)	データの関連性を探ろう (異種比較)
カスタマイズ	C1	10/20 (土)	データ取込・蓄積過程を理解しよう
	C2	11/3 (土)	様々なデータ加工法を試そう
	C3	11/17 (土)	様々な可視化パターンを試そう
	C4	12/1 (土)	データモデルをカスタマイズしよう
デザイン	D1	1/12 (土)	課題設定とダーティプロトタイプ
	D2	2/2 (土)	データモデル設計・入力実装
	D3	2/23 (土)	出力実装
	D4	3/9 (土)	成果発表会

4.2 講座の運営

4.2.1 FIWARE へのオープンデータ登録

本講座において最終的には参加者自身がデータモデルを設計し、データ入力を行うが、例示のため既存のオープンデータを FIWARE に登録する必要がある。香川県・高松市のオープンデータカタログサイト⁽⁶⁾にオープンデータが掲載されている。しかし、講座実施時点においては、データは EXCEL ファイルとして公開されており、FIWARE では活用できない。

データは Excel 形式でダウンロードし、NGSI データモデルに基づき整形を行い、FIWARE に登録した。変換作業は講師およびアシスタントが行った。経緯度データを属性として持ち、利用可能であったデータモデルは図 4 に示した 26 種類である。これら以外に仮想的な（非公式な）データとして既存のカタログサイトには存在していなかったトイレ、駅や各種センサのデータモデルを作成しサンプルとして登録した。

4.2.2 毎回の授業の流れ

授業は、講義、アプリ開発デモ、演習、グループワークで構成される。回によってこれらの時間配分は異なっているが、およそ講義 30 分、アプリ開発デモおよびグループワークを合わせて 30 分、演習 30 分を目安とした。また土曜日の開講であるため、時間に余裕のある参加者が、授業後、引き続き残って作業を行えるように場所を確保した。

授業を休んでも、後から復習できるように、対面講義・アプリ開発デモの様子はビデオ収録し、後刻、参加者に提供した。収録機の不具合によりビデオ収録できないケースも存在したが、その場合には、パソコンの画面収録ソフトを用いて、対面講義と同じ内容を説明しビデオ収録・配信した。

毎回の授業の最後には、アンケートを実施した。質問項目は、「Q1. 講座内容の楽しさ」「Q2. 講座内容の適切さ」「Q3. 受講して得たもの」「Q4. 教材・資料のわかりやすさ」「Q5. 講師・アシスタントの説明のわかりやすさ」の 5 観点に加え、感想・要望（自由記述）であった。選択肢は、Q1 は 3 段階（楽しい、普通、楽しくない）、Q2 は 2 段階（適切だった、適切でなかった）、Q3 は 5 段階（あった～なかった）、Q4、Q5 は 5 段階（非常に良い～良くない）であった。

4.3 本講座の結果と考察

「Q2: 内容の適切さ」は、いずれの回においても全ての参加者が適切と回答していた。表 2 に本講座における参加人数および Q2 以外の評価の変化を示す。H2 は、講師である著者が出張先で被災したため休講とし、H3、H4 に振り分ける処置を行った。いずれの項目でも高評価を得ており、開発した人材育成プログラムは参加者に受け入れられているといえる。

参加人数は回によって変動した。H4、C1 では一旦減少が見られたものの、C2、C3 では、再度上昇が見られる。これは、講義の様子をビデオ収録し、Web 上で配信したことが効果的に働いたものであると思われる。ただし、参加者の仕事の都合や病気等により参加できなくなるケースも見られている。高松市外から通う参加者も存在し、通い続けることの負担を考慮することが必要である。また、実践の結果、大半の参加者は、授業後に残り作業を行っていた。このことから、学習プロセスを短期集中型で行うなど、通学日数を少なくすることが運営上の改善になると考えている。

表 3 に自由記述内容を集約した。自由記述文章を形態素に分割し、各形態素を記述した回答者数を調べ、回答者数が 2 名以上のものを抽出した。H1～H4 では、データ利活用プロセスのライブラリの使い方を主に学び、C1～C4 では、データ生成プロセスのライブラリを中心に扱った。また、C3 と C4 では学習内容を踏まえたアイデア発想のため、グループワークを取り入れた。D1 から個々のアプリ設計を開始した。これらの流れは表 3 と概ね対応している。

表 3 から、C3、C4 でのグループワークや意見交換が肯定的な印象を与えた可能性が読み取れる。H1～C4 において、アプリというキーワードはあまり見られていない。個別に意見聴取したところ、「アプリの作り方を学べると思って参加したが、データの利活用が中心となっている印象だった」という回答が得られた。データ利活用が中心となることはねらいの一つとして問題ないが、プロトタイプを作成しつつアイデア発想するという経験が少なかったことが懸念される。

その一方で、D1 において、「いよいよアプリを作っていく感じがする」という意見が得られた。D4 の成果発表会に向け、D1 では、アプリを Web 公開する仕組みを導入した。表 3 におけるグループワークに対する

肯定的な態度も踏まえると、早い段階から開発したアプリを参加者間で見せ合うことのできる仕組みを導入することが効果的であったと推察される。D1, D2に参加している学習者たちがなおアプリ開発に対して肯定的であることを踏まえると、プロトタイプ作成に対しライブラリの内容面は問題なかったが、開発したアプリを体験し意見交換する場というプロセス面に対する支援が不足していたことを示唆している。今後、デザイン指針に明示的にアプリ公開・共有のプロセスを含め、人材育成プログラムの改善を行ってきたい。

表 2 各回の参加者数および評価

#	人数		Q1	Q3	Q4	Q5
H1	19	Ave.	2.63	4.53	4.16	4.21
		S.D.	0.48	0.60	0.59	0.77
H3	18	Ave.	2.71	4.47	4.18	4.18
		S.D.	0.46	0.50	0.62	0.62
H4	12	Ave.	2.92	4.33	4.33	4.33
		S.D.	0.28	0.47	0.47	0.62
C1	9	Ave.	2.67	4.78	4.22	4.22
		S.D.	0.47	0.42	0.63	0.63
C2	13	Ave.	2.92	4.46	4.38	4.31
		S.D.	0.27	0.50	0.49	0.46
C3	15	Ave.	2.87	4.67	4.33	4.40
		S.D.	0.34	0.47	0.60	0.49
C4	12	Ave.	3.00	4.83	4.33	4.42
		S.D.	0.00	0.37	0.62	0.49
D1	6	Ave.	3.00	4.67	4.67	4.67
		S.D.	0.00	0.47	0.47	0.47
D2	7	Ave.	2.86	4.71	4.43	4.29
		S.D.	0.35	0.45	0.73	0.70

5. おわりに

本研究では、データ利活用人材の育成を目的とし、ライブラリを用いた足場かけ機能を有する人材育成プログラムを開発した。学習者はライブラリを用いて開発を進めており、内容面としては有用であったと思われる。一方、プロセス面については、プロトタイプを共有し他者の体験に基づく意見交換を明示的にデザイン指針に含めることで改善が可能であることが示唆された。

今後はデザイン指針に明示的にプロトタイプ共有のプロセスを含め、プログラムの実装を改善したい。また、運営面では、スケジュールの改善点がわかった。年末年始をはさんで参加者が減少する傾向(表2)も踏まえ、デザイン指針のプロセス改善、短期集中型スケジュールへの再編、参加人数、授業時間等を検討したい。加えて、ライブラリ・マニュアルを充実させ、様々な実施

者により利活用可能な人材育成プログラムとして洗練していきたい。

表 3 自由記述における形態素(括弧は回答者数)

#	名詞	形容詞
H1	オープンデータ(4), 今後(2), 楽しみ(2), データ(2)	よい(2) 楽しい(2)
H3	イメージ(3), 今回(3), 情報(3), 参加(2), 変化(2), 勉強(2), 講座(2), 実践(2), 理解(2)	よい(4) 面白い(3)
H4	データ(3), アプリ(3), バランス(3), 改善(2), ごみ箱(2), 必要(2), 需要と供給(2), イメージ(2)	よい(2) 難しい(2)
C1	データ(6), FIWARE(3), 自分(2), 楽しみ(2), 以降(2)	よい(2)
C2	チーム(3), FIWARE(2), 具体(2), 防災(2)	よい(2)
C3	グループワーク(4), 意見(2), アイデア(2), 交流(2), サロン(2), 講座(2), イメージ(2)	よい(6)
C4	意見(4)	よい(5)
D1	アプリ(2)	

参考文献

- (1) 日本電気株式会社: “世界のデータ利活用型スマートシティ開発動向”, <https://jpn.nec.com/techrep/journal/g18/n01/180103.html> (2019年2月11日確認)
- (2) Juan Ramón SANTANA, Martino MAGGIO, Roberto DI BERNARDO, Pablo SOTRES, Luis SÁNCHEZ, Luis MUÑOZ: “On the Use of Information and Infrastructure Technologies for the Smart City Research in Europe: A Survey”, *IEICE Transactions on Communications*, Vol.E101.B, No.1, pp.2-15(2018)
- (3) 庄司昌彦: “オープンデータの動向とこれから”, *情報の科学と技術*, 第65巻, 第12号, pp.496-502 (2015)
- (4) FIWARE foundation: “FIWARE”, <https://www.fiware.org/> (2019年2月11日確認)
- (5) 香川県: “香川県オープンデータカタログサイト”, <http://opendata.pref.kagawa.lg.jp/> (2019年2月11日確認)
- (6) 高松市: “オープンデータ”, <http://www.city.takamatsu.kagawa.jp/kurashi/shinotorikumi/opendata/index.html> (2019年2月11日確認)
- (7) Wikitude: “Wikitude SDK”, <https://wikitude.grapecity.com/downloads/wikitudesdk> (2019年2月11日確認)
- (8) 情報通信交流館 e-とびあ・かがわ: “まちのデータ研究室”, <https://www.e-topia-kagawa.jp/kouza/towndata2018.asp> (2019年2月11日確認)