

令和 4 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02310

研究課題名(和文) IoT に供するコンテキストの記述におけるBIM データの活用方法に関する研究

研究課題名(英文) Research on the method of BIM data utilization for contextualization of built environment related IoT

研究代表者

野城 智也 (Yashiro, Tomonari)

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：30239743

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：住宅・建築空間でIoTシステムを適切に作動させるためには、その場所やそこにいる人の状況(コンテキスト)をあらゆるデータをIoTシステムに入力する必要がある。本研究により、IoTシステムの用途によって、必要とするコンテキストにかかわる情報の内容・粒度が異なることが明らかになったことから、それぞれの用途において必要なコンテキスト情報が整理された。また、BIMデータをどのようなClassificationすれば、こうしたコンテキスト情報が用意できるか知見を得た。加えて、建築空間で作動する移動体の制御のためには、BIMデータを変換したメタ空間情報モデルが有効であることが解り、その基本概念を作成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

IoT(Internet of Things)が、建築空間内の生活・活動を支えていくためには、a. センサーなどから多様多様なデジタル情報源を集め、b. コンテキスト(=住まい手・プロ使い手、建築空間、及び空間を規定する人工物の状況)を認識してその内容をデジタル・データとして記述し、c. これをIoTシステムに入力し、d. 人工物を稼働・制御していくプロセスが切れ目なく進んでいかねばならない。しかし、b.が隘路になってしまうことが多い。本研究はその隘路を緩和させるために、BIMデータや、メタ空間情報モデルをどのように構成すればよいのかについて知見を得たことにその学術的・社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：IoT systems applied in the built environment require a “machine-readable” description of the context relating to the place and the people. The research aims to clarify how BIM data could be classified to describe the context through case studies. It has illustrated the content and the degree of the preciseness of the context-related information could be differed by the method of usage of the IoT systems. For example, some IoT system only requires in what room the sensing data has been collected. In contrast, other IoT systems require the position coordinate of the sensors and spatial relation of objects that affect the performance of the spaces. Such differences suggest the necessity to establish a comprehensively functional classification of BIM data. The research also formulated the idea of universal meta spatial data that can be formulated by BIM data and 3D scanning data from existing buildings.

研究分野：建築生産

キーワード：IoT BIM 空間情報 コンテキスト

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) IoT(Internet of Things)が、建築空間内の住まい手・使い手の生活・活動を支えていくためには、

- a. センサーなどから多様多様なデジタル情報源を集めたうえで、
- b. コンテキスト (= 住まい手・プロ使い手、建築空間、及び空間を規定する人工物の状況) を認識してその内容をデジタル・データとして記述し、
- c. そのデジタル・データをアプリケーション・ソフトウェアに入力し、
- d. 建築構成材や設備機器など空間を規定する人工物を稼働・制御していくというプロセスが切れ目なく進んでいかねばならない。

(2) しかし、b. が隘路になってしまうことが多い。これは、人間の直観では容易に認識できるコンテキストを、コンピュータにも理解できるように記述するための学術基盤が薄弱であることにもよる。

2. 研究の目的

(1) 本研究は、上記の b. の隘路を克服するため、近年設計で広く用いられるようになった、BIM(Building Information Modeling)のデータを活用したコンテキストの記述方法に関する学的知見をまとめることを目的としたものである。

(2) 具体的には、以下の問いに答えを得ることを目論んだ。

問い1 : IoT に供する (入力) ためにコンテキストをどのように記述 (出力) するのか?

問い2 : コンテキスト記述にどのような BIM データがどのように活用できるのか? いいかえれば、コンテキスト記述のためにどのように BIM データを構成しておくべきか?

問い3 : BIM データの抽出 コンテキスト記述 IoT に供するまでを、切れ目のないデジタル・データの処理プロセスとするには、どのような手順を踏めばよいのか?

3. 研究の方法

(1) BIM は、建築生産において必要な情報を、建築を構成する 3 次元のオブジェクト群の形状情報と属性情報のデータベースとして記述したものである。一方、IoT のプログラムでは、その用途に応じて、センサーの位置や、人・エージェントの所在と状況、建築や空間の状況に関する情報をコンテキスト記述のために必要とする。

(2) そこで、本研究では、IoT のユースケースを

- a. 建築性能を表示もしくは制御する IoT
- b. 人の状況に応じて作動する IoT
- c. 建築空間のなかで作動する移動体のための IoT

に大別した。そのうえで、それぞれのグループに属する IoT の適用事例において、上記の三つの問いにかかわる答えを得るケーススタディを重ねる方法をとった。

(3) なお、各ケーススタディにおいては、建築新築時に設計情報として作成する BIM データに加えて、三次元スキャナーによる点群データ、画像データ、建築空間におかれたマーカーなどからの信号などをもとに、既存建築の Building Information を構成し、コンテキスト記述に活用する方策についても、ケーススタディを通じて検討した。

4. 研究成果

(1) 建築性能を表示もしくは制御する IoT システムにかかわるコンテキストの記述のためには、

- a. IoT の用途に応じた粒度で、センサーなどの測定点の所在・位置情報が得られること
- b. 表示・制御対象となる性能に影響を与える事物の位置、及び属性情報が得られることが必要であることを明らかにした。

(2) 例えば、換気状態を勘案して人が特定の単位空間に入室するか否かを判断することを支援する IoT システムにおいては、建築室内の換気状況の間接的な指標となる CO2 センサーがどの単位空間に所在するかという粒度の所在・位置情報が得られればコンテキスト記述としては十分である。一方、室内の換気を改善するために、空調機器や開口部を制御することを目的とした IoT システムでは、単位空間中のセンサーの位置座標や、空調機器の噴き出し・吸い込みの位置とその能力などの属性情報、及び、開口部の形状、位置、大きさやその熱性能といった属性情報がコンテキスト記述には必要になる。

(3) また例えば、加速度センサーについては、どここの単位空間のどの部位のどの部材に、どの方向に設置されているかという情報、及びセンサー周辺において振動などを発生させる

事物の位置とその属性情報が得られないと、その加速度センサーが如何なる事物の動きを拾っているのかが特定できず、そのデータを何らかの用途の IoT システムの入力として用いることは不適切であることも、ケーススタディにおける測定実験で明らかになった。

(4) これらのケーススタディで明らかになったコンテキストにかかわる情報は、通常の設計実務で用いられる BIM データに必ずしも包含されるものではない。そこで、本研究では、BIM データ作成にあたって、如何なる classification のもとに、如何なる属性情報を用意しておく必要はあるのか、建築性能を表示もしくは制御する IoT システムにかかわるケーススタディから得られた知見を整理した。

(5) 人の状況に応じて作動する IoT システムにかかわるコンテキストの記述のためには、

- a. 人の所在・位置にかかわる情報が得られること
- b. 人の心理的・身体的状況にかかわる情報が得られること
- c. 人をとりまく環境状況にかかわる情報が得られること

という論点をたててケーススタディを進めた。

(6) 人の所在・位置にかかわる情報については、加速度センサーを利活用する方法については既往研究があることから、BLE により、人の所在場所や、人と人の近接性を把握する可能性について、実験に基づき検討した。現実空間に配置できる機器の数・密度や、室内の遮蔽物の影響を考慮すると、人と人の離間距離を推定するのは困難であるが、人のおおまかな位置・所在を推定することはできる、という見通しを得た。

(7) 人の位置・所在を特定するには、機器の位置を含め、建築空間の形状、大きさなどの空間情報が必要になる。これらは、通常の BIM データが存在する場合は、そこから抽出できる情報である。ただ、既存建築の場合は、BIM データがあらためて作成されていることは稀である。そこで、本研究では、三次元スキャナーによる点群データをもとに building information を構成することを試み、こうした情報作成には実行可能性があるという見通しを立てることができた。

(8) また、施錠、ドア・開口部の操作、住宅内機器の作動などから人の状況を推定するためには、それらを作動させる IoT システム間の技術的仕様の相違を越えて相互にデータ連携ができなければならない。従前研究で開発した IoT-Hub の仕組みを活用し、こうした複数事物の作動状況を一元的に集めてみて、これらから人の状況のある側面を推定できることを確認した。

(9) 人の心理的・身体的状況にかかわる情報の取得については実験的検討を行うことができなかった。また、人をとりまく環境状況にかかわる情報については、建築性能を表示もしくは制御する IoT システムにかかわる検討で得られた知見を準用できることを確認した。但、点群データをもとにした building information の場合は、単位空間、及び環境状況に影響を与える事物（家具）の属性情報までを包含させなければならないことも明らかになった。

(10) 建築空間のなかで作動する移動体のための IoT システムにかかわるコンテキストの記述のためには、移動体の空間認識方法として、

- a. 建築内の基準点をもとにした座標位置を認識する
- b. 画像情報と BIM などからの形状情報を照合する
- c. 建築内に配置されたマーカーから位置を認識する

という方法を想定し、それぞれにおいて BIM データがどのように活用できるかを検討した。

(11) その結果、いずれの方法をとるにせよ、BIM データのままではなく、これを変換して、より抽象度の高い空間に関わるメタデータ・モデルを作成することが有効であるという見通しをもつに至り、その基本概念を作成した（この概念は、豊田啓介氏が提唱するコモングラウンド構想に密接に関連することが分かったことから、同氏と共同研究を開始した）

(12) 以上の知見を踏まえ、コンテキスト情報を切れ目のないプロセスで活用する手順を整理した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 野城智也	4. 巻 73.4
2. 論文標題 建築分野におけるカーボン・トレーディング導入の道筋・意義	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 生産研究	6. 最初と最後の頁 247-251
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11188/seisankenkyu.73.247	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 加藤俊介, 野城智也, 村井一	4. 巻 74.1
2. 論文標題 自律分散システム構築のための Building Element の意味構造に関する研究~ セマンティックデータモデルを用いて~	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 生産研究	6. 最初と最後の頁 135-138
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11188/seisankenkyu.74.135	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 村井一, 野城智也	4. 巻 vol.36
2. 論文標題 建築空間に対する位置情報の付与と異種情報との連携に関する研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会第36回 建築生産シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 中岡桃子, 野城智也	4. 巻 vol.36
2. 論文標題 BIBIMを用いた建築物環境評価のための基礎的研究 - CASBEE の情報構造分析を通じて	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会第36回 建築生産シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 野城智也, 松村淳, 横川慎二, 石垣陽	4. 巻 vol.44
2. 論文標題 IIoT-Hub を用いた 異種CO2 センサーのデータ・アグリゲーション・システムの試作	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会第44回 情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 527-530
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tomonari Yashiro	4. 巻 2020.6
2. 論文標題 Interoperable IoT system that could adapt local context of the built environment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Impact	6. 最初と最後の頁 52-54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21820/23987073.2020.6.52	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tomonari Yashiro	4. 巻 Vol. 588, No. 5
2. 論文標題 Modularized cyber-physical system as an enabler of interoperable and collective approach for responsive cities	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	6. 最初と最後の頁 052012-052019
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1755-1315/588/5/052012	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Jeferson Shin-Iti Shigaki, Tomonari Yashiro	4. 巻 2020
2. 論文標題 BIM and Automation of Building Operations in Japan: Observations on the State-of-the-Art in Research and Its Orientation.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. Springer, Cham.	6. 最初と最後の頁 879-894
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Toshihiko Horiuchi, Koichi Kajiwara, Takuzo Yamashita, Takashi Aoki, Tomonari Yashiro, Yoshihide Sekimoto, Mikio Koshihara, Hideki Koizumi	4. 巻 16(2)
2. 論文標題 Study Concept on the Development of an Urban Cyber Physical System for Enhancing the Capability to Respond to Large-Scale Earthquakes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Disaster Research	6. 最初と最後の頁 287-297
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jdr.2021.p0287	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tomonari Yashiro, Hiroyuki Baba	4. 巻 Sub-Themes 04
2. 論文標題 How could we realize interoperable IoT for built environment?	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of CIB World Building Congress 2019 Hong Kong SAR, China 17-21 June 2019	6. 最初と最後の頁 Ab0400(頁番号無)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 野城智也	4. 巻 vol.35
2. 論文標題 Data MashupによるFMサービスの契約枠組に関する考察	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第35回建築生産シンポジウム論文集, 日本建築学会	6. 最初と最後の頁 225,230
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Digital Transformationによる建築の価値創造の様態に関する研究	4. 巻 vol.35
2. 論文標題 芦立雄太郎, 野城智也	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第35回建築生産シンポジウム論文集, 日本建築学会	6. 最初と最後の頁 1,6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 赤川英之, 門脇ゆうき, 村井一, 野城智也
2. 発表標題 屋内空間におけるBLE 受信電波強度の可視化に関する研究
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

多様なサービス創出のためのインフラ “IoT-HUB” の社会実装 ~ 巨大な価値創造空間の構築に向けて ~ https://www.iis.u-tokyo.ac.jp/ja/news/3110/

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------