

IoTシステムのためのグラフデータベースを用いた 快適性分析方法の提案

2014SE100 谷口 裕二 2014SE107 渡會 健司

指導教員：青山 幹雄

1. 研究背景と課題

1.1 研究背景

現在日本では、少子高齢化が進んでおり高齢者の事故率が高い。例えば、平成27年に家庭の浴槽での溺死者4,804人の内、92%が65歳以上の高齢者であった。その主な原因はヒートショックである[3]。このような事故を防ぐために、体感温度などの快適性のモニタリングと分析が必要である。

一方、IoT化が進み、室内などの環境をモニタリングする技術が提供されている。しかし、モニタリングデータの利用方法として、グラフデータベース(以下GDBと略記)を用いて快適性を分析する方法は確立されているといえない。

1.2 研究課題

本研究では、快適性をGDBで分析する手法が確立されていないことに着目して以下の3点を目的とする。

- (1) 快適性分析モデルの作成。
- (2) 快適性分析モデルに従い、GDBにデータを格納する方法の確立。
- (3) GDBと快適性の指標となるPMV(Predicted Mean Vote)を用いた快適性分析方法の確立。

2. 関連研究

2.1. グラフモデル

プロパティグラフとは、ノード、リレーション、プロパティで構成されるグラフモデルである[2]。以下に特徴を示す。

- (1) ノードはラベルとプロパティを持つ。任意のキーと値ペアの形式で表現される。同種のノードを区別するためラベルを持つ。
- (2) リレーションはノードを関係づけて構造化する。リレーションは、向き、タイプ、開始ノード、終了ノードを持ち、有向グラフで表現する。ノード間でリレーションを複数持つことも可能である。

2.2. 温熱指標

人の快適性の指標として温度感覚を評価するPMVがある。1967年にFangerが発表し、1994年に国際規格ISO7730になった。代謝量(活動量)、着衣量、気温、平均放射温度、風速、相対湿度の6要素によって求められる[4]。

3. アプローチ

本研究ではIoTシステムを対象として、GDBを用いた快適性分析方法を提案する。

IoTシステムは、人と環境が持つセンサとの連携を常に想定している。そこで、センサ間の連携をグラフモデルで

表現する快適性分析モデルを提案する。このモデルをもとにGDBにデータを格納し、GDBのクエリ言語を用いてPMVを求める。PMVから快適性を求め快適性分析を行う。図1に本研究のアプローチを示す。

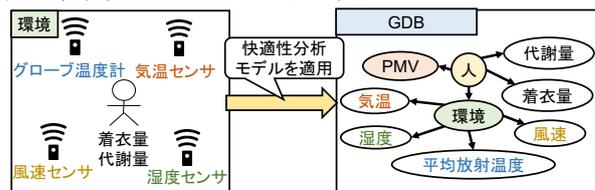


図1 快適性分析のアプローチ

4. 提案方法

4.1. 提案プロセス

本研究の提案プロセスを図2に示す。図2の(4)~(6)は繰り返し行う。各プロセスの詳細は次節に示す。

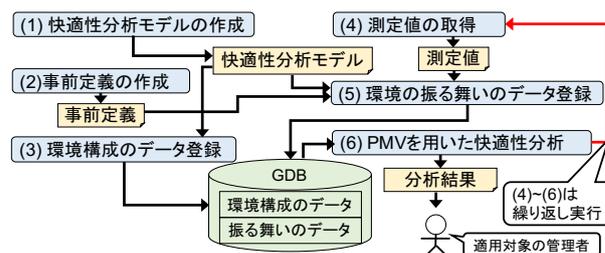


図2 提案プロセス

4.2. 快適性分析モデルの作成

提案する快適性分析モデルを図3に示す。表1、表2に快適性分析モデルのノードとリレーションの定義を示す。

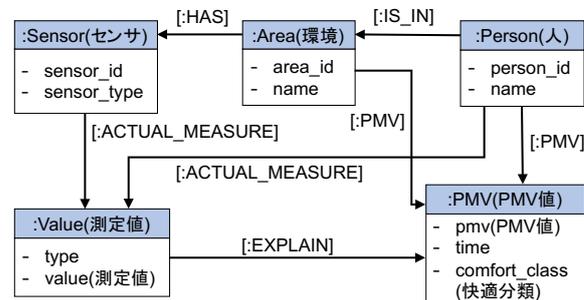


図3 快適性分析モデル

表1 ノードの定義

ラベル名	役割
Person	人を表す
Area	独立した環境を表す
Sensor	プロパティとしてセンサの種類を持つ
Value	各センサが取得した値を登録する
PMV	各個人のPMV値と快適分類を持つ

表2 リレーションの定義

タイプ名	役割
HAS	環境が持っているセンサを示す
IS_IN	人がその環境内にいることを示す
ACTUAL_MEASURE	人または、センサがその測定値を取得することを示す
PMV	個人がそのPMVを所有することを示す
EXPLAIN	PMV計算に使用された6要素がどのようなデータであるかを示す

4.3. 事前定義の作成

PMVをもとに体感温度を示す快適分類を定義した. これを表3に示す.

表3 快適分類の定義

快適分類名	PMV値の範囲
too cold	pmv < -2.5
cold	-2.5 <= pmv < -1.5
a little cold	-1.5 <= pmv < -0.5
neutrality	-0.5 <= pmv <= 0.5
a little hot	0.5 < pmv <= 1.5
hot	1.5 < pmv <= 2.5
too hot	2.5 < pmv

4.4. 環境構成のデータ登録

快適性分析モデルに従って, 環境を構成する要素をGDBに格納する. 図4にその概要を示す. 適用対象内に存在する人, 環境, センサとそれらの関係を定義する.

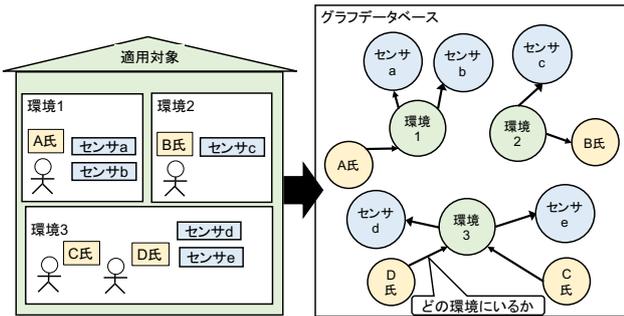


図4 環境構成のデータ登録

4.5. 環境の振る舞いのデータ登録プロセス

図5に環境の振る舞いのデータ登録のプロセスを示す. 人が環境を移動したり, 時間的な変化によって, その人を取り巻く環境が変化する. その変化するデータをGDBに登録する.

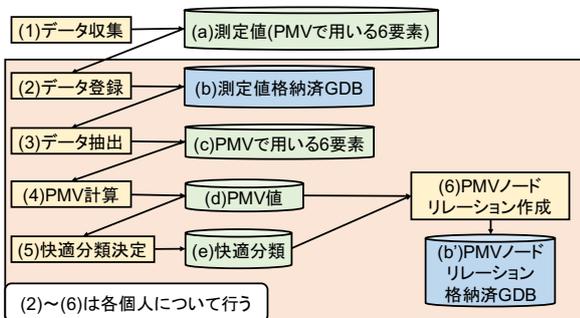


図5 環境の振る舞いのデータ登録のプロセス

- (1) データ収集
PMV計算に必要なデータを環境から収集する.
- (2) データ登録

- (3) データ抽出
各個人の代謝量, 着衣量とその個人が属する環境の4要素のデータをGDBから抽出する.
- (4) PMV計算
抽出したデータをもとに個人のPMV値を計算する.
- (5) 快適分類決定
PMV値をもとに快適さを分類する.
- (6) PMVノード, リレーション作成
快適性分析モデルに従ってGDBにPMVノードとそれに接続するリレーションを作成する.

4.6. 快適性分析

快適性分析を次の3項目で実行する.

- (1) 個人ごとの快適性を求めるために個人のPMVと快適分類をクエリで検索する.
- (2) 各個人の快適性の要因を求めるためにPMVで用いた6要素をクエリで検索する.
- (3) 適用対象の環境ごとに快適性を求めるため環境に接続しているノードをクエリで検索する.

5. プロトタイプの実装

5.1. プロトタイプの実行環境

プロトタイプの実行環境として, 表4, 表5それぞれにハードウェア情報, ソフトウェア情報を示す.

表4 ハードウェア情報

システム名	センサシステム	モニタリングシステム
ハードウェア	Raspberry Pi3 model b	ESPRIMO
OS	Debian 8.0	Ubuntu16.04.3 LTS
プロセッサ	ARMv8 Cortex-A53	Intel i7-6700 @ 3.40GHz
メモリ	1GB	16GB
ストレージ	8GB microSDカード	781GB

表5 ソフトウェア情報

システム名	製品名
MQTTブローカ	Apache Mosquitto 1.4.8
MQTTクライアント	Paho-mqtt 1.3.0
グラフデータベース	Neo4j 3.3.0
クエリ言語	Cypher 3.3.0

5.2. プロトタイプの構成

プロトタイプの構成を図6に示す.

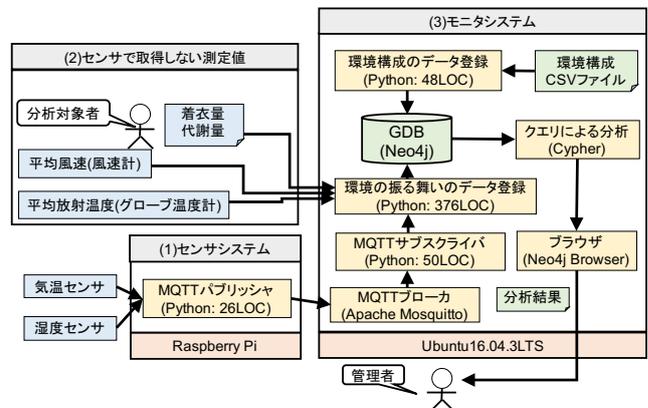


図6 プロトタイプ構成

(1) センサシステム

気温センサと温度センサから測定値を取得する。その後、MQTTパブリッシャによって、モニタシステムのMQTTブローカに測定値を送信する。

(2) センサで取得しない測定値

平均放射温度を測定するためにグローブ温度計、平均風速を測定するために風速計を用いた。また、代謝量と着衣量は仮定の数値を定義する。これらの測定値は環境の振る舞いのデータ登録時に人が入力する。

(3) モニタシステム

データの受信、登録、分析、可視化までを行う。以下の順番で実行する。

1) 環境構成のデータ登録

CSVファイルにまとめた環境構成要素の情報を快適性分析モデルに従ってGDBに格納する。

2) 環境の振る舞いのデータ登録

MQTTブローカからMQTTサブスクライバによって受け取った測定値と、センサから取得しない測定値を快適性分析モデルに従ってGDBに登録する。測定値は重複がないようにGDBに格納する。その後4.5節で示した環境の振る舞いのデータ登録プロセスに従ってPMVノードとリレーションの作成を行う。

3) 分析クエリ

快適性分析を行うクエリを実行する。詳細は6章で示す。

4) 管理者がブラウザで確認

Neo4jのWebインターフェースであるNeo4j Browserで分析結果を可視化する。

6. プロトタイプを研究室に適用

6.1. 適用の目的

GDBを用いた快適性分類について、妥当性確認のためのプロトタイプを適用する。適用結果から以下の項目の検証を行う。

- (1) 提案した快適性分析モデルに従ってデータの登録ができていないか。
- (2) Cypher クエリを利用し個人、6要素、エリアごとに分析できるか。
- (3) ブラウザ上でグラフを可視化できるか。

6.2. 適用対象の実行環境

プロトタイプの実行環境として研究室を対象とした。図7に示すようにエリアを定義し、センサシステムを配置した。人としてA～Fを仮定し、各エリアに配置した。

(1) エリア

研究室の一部を適用対象の環境とし、エリアとして定義した。エリアとして3箇所定義した。

(2) センサシステム

図6のセンサシステムを赤丸として図7に示す。3箇所のエリアに配置した。

(3) 人

人A～Fと代謝量と着衣量を仮定した。A～Fの代謝量と着衣量を表6に示す。人は図7に示すように各エリアに属していると仮定する。

表6 A～Fの代謝量と着衣量

人	代謝量(met)	着衣量(clo)
A	1.0	1.0
B	0.8	1.0
C	1.0	1.0
D	1.0	0.7
E	1.0	1.0
F	0.8	0.7

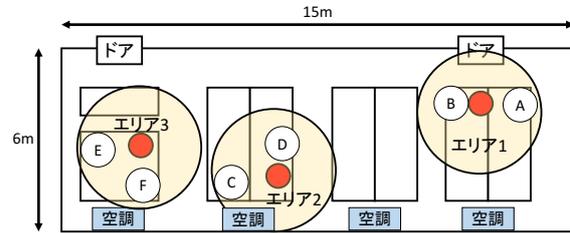


図7 研究室見取り図

6.3. 適用結果

例題に適用したプロトタイプの実行結果を以下に示す。

6.3.1. 快適性分析モデルに従ったデータ登録

提案した快適性分析モデルに従って環境構成のデータ登録を行う。センサシステムから取得した測定値をMQTTブローカにパブリッシュする。モニタシステムはMQTTブローカにサブスクライブし、測定値を受信する。快適性分析モデルに従って測定値を格納する。測定値からPMVを求め、PMVから快適性を分類し格納する。

(1) 環境構成のデータを登録

提案した快適性分析モデルに従って環境構成のデータを登録する。LOAD CSVを利用し6.2節で定義した環境構成を読み込んだ。

(2) 環境の振る舞いのデータ登録

快適性分析モデルに従ってデータを格納する。MQTTブローカから受信した測定値を重複がないように格納する。格納された6要素から個人のPMVを求め快適性を分類した。最終的なグラフ出力結果を図8に示す。

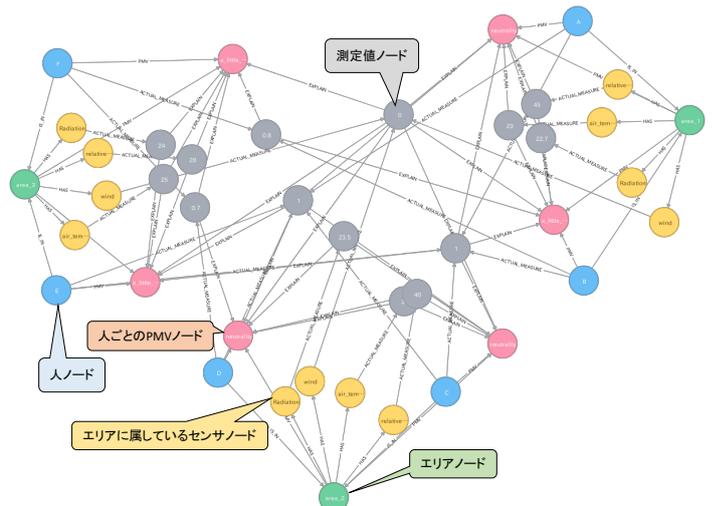


図8 PMVを登録したグラフ

6.3.2. 個人の快適性、PMV計測に利用した6要素、エリアごとの分析

(1) 個人のPMV値の抽出

個人のPMVをCypherによって確認する。対象となる人の名前、属しているエリア、PMV、計測した時刻を表示させる。AのPMVを抽出する検索結果を表7に示す。

表7 Aの検索結果

名前	エリア	PMV	快適分類	時刻
A	area 1	-0.009	neutrality	12-25 19:11

(2) PMV計測に利用した6要素の分析

個人のPMV計測に用いた6要素をCypherによって確認する。6要素を検索した結果を表8に示す。人に接続されているPMVと6要素のグラフを図9に示す。

表8 AのPMV計測に用いた6要素の検索結果

センサ	測定値	時刻
代謝量	1.0	12-25 19:11
着衣量	1.0	12-25 19:11
気温	23.0	12-25 19:11
平均放射温度	22.7	12-25 19:11
風速	0.0	12-25 19:11
相対湿度	45.0	12-25 19:11

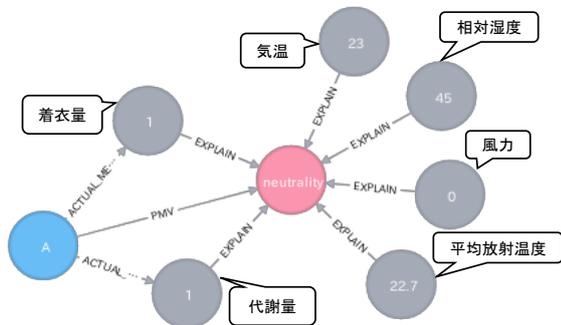


図9 AのPMVに用いた6要素のグラフ

(3) エリアに接続しているノードの分析

エリアに接続しているノードを分析する。エリアに接続しているノード群のグラフを図10に示す。

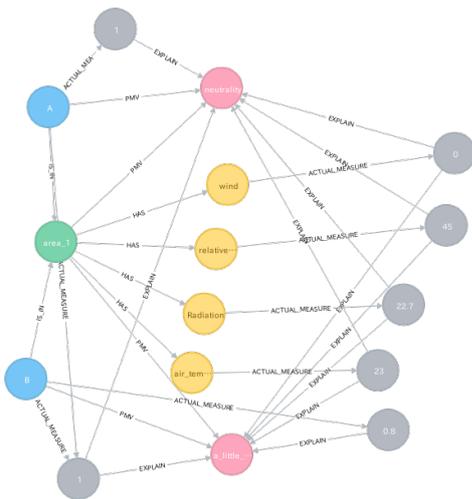


図10 エリアに属しているノード群のグラフ

7. 評価

適用結果に対して以下の2つの観点から評価を行う。

(1) 快適性分析モデルに従ったデータ登録

プロトタイプの実用結果から快適性分析モデルに従ってデータを格納し、PMVを計算した。PMVごとに快適性が分類できていることを確認できた。実行結果から提案し

た快適性分析モデルに従ってデータを登録することが可能である。

(2) Cypherクエリを利用して以下の分析が可能である。

1) 個人のPMV分析

Cypherを利用し個人のPMVを出力した。個人のPMVがわかることで、管理者が個人ごとに快適性制御をする際の指標となる。

2) PMV計測に利用した6要素の分析

Cypherを利用しPMV計測に利用した6要素を出力した。仮に異常なPMVを検出した際に、管理者はその原因となった6要素を調査することができる。

3) エリアごとの分析

エリアに接続しているノードをグラフで出力した。管理者がエリアごとに快適性制御を行う際の指標となる。

8. 考察

本提案では、6要素の測定値を測定値ノードのプロパティとして登録している。測定値ノードは、測定値が変化しない場合はノードを追加しない。そのため、測定を行うたびにデータを格納する場合よりも、登録するデータ量が少なくなることが考えられる。

また、GDBを用いたことによりグラフとしての可視化が可能である。IoTが進み複雑化するセンサ間の関係を、グラフで可視化することで環境全体の状態が構造的に確認できる。

9. 今後の課題

(1) すべてのセンサをセンサシステムで実装

センサで取得できない測定値を毎回入力する手間を省くためセンサシステムで取得できるようにする。

(2) 快適性分析モデルの改善

データ量増大に対し実行時間が増大し可視化が困難になる可能性があるためモデルの改善が必要である。

10. まとめ

本研究では、IoTシステムのためのGDBを用いた快適性分析方法を提案した。快適性分析モデルを作成し、環境構成と環境の振る舞いに対してデータ登録を行った。提案アーキテクチャのプロトタイプを実装し、例題に適用した。その結果から提案プロトタイプを評価し、妥当性を確認した。

11. 参考文献

[1] 電気学会 第2次M2M技術調査専門委員会 (編), M2M/IoTシステム入門, 森北出版, 2016.
 [2] I. Robinson, J. Webber and E. Eifrem, グラフデータベース, オライリー・ジャパン, 2015.
 [3] 消費者庁, 冬場に多発する高齢者の入浴中の事故に御注意ください!, 2017年1月25日, http://www.ca.go.jp/policies/policy/consumer_safety/release/pdf/170125kouhyou_1.pdf.
 [4] 田辺 真一, 住宅における温熱快適性の評価, 一般財団法人住総研, 1996, http://www.jusoken.or.jp/pdf_paper/1996/023-02.pdf.