

人とIoTの情報流におけるサービスマッチング

角 康之¹ 小関 大河^{†1}

概要：人とIoT (Internet of Things) の対話システムを提案する。提案するシステムは、1) 実世界センサ情報をタイムラインに投稿するセンサノード、2) 複数の異種センサデータから構造を見出して抽象化された情報を投稿するボット、3) 人の投稿や会話とIoT情報流を関連づけてタイムリーなサービス提供を行うボットの3つで構成される。人とIoT情報流の対話のプラットフォームとしては、グループチャットツールのSlackを利用した。筆者グループの研究環境で半年間運用したところ、共用スペースや備品の状況把握、タイムリーなバスの運行情報の提示などで有意義な動作を得ることができた。また、グループの共用機器（冷蔵庫やプリンタ）の利用状況を通知することで、グループ内の活動状況がゆるやかに共有されることが確認できた。

Mutual Enhancement among Information Flow of Human and IoT

Yasuyuki Sumi¹ Taiga Koseki^{†1}

1. はじめに

本稿では、人とIoT (Internet of Things)[1] の対話システムを提案する。現状のIoT技術は、設計時の目的に基づいてセンサ群を実世界に埋め込み、操作・問い合わせを意識的に行うものが多い。しかし、多様なセンサ類や安価に小型のコンピュータが入手できるようになった現在、いつ誰がどう使うのかがあらかじめ決まっていなくても、もっと気軽に大量のセンサ群を実世界に埋め込むことが可能になりつつある。

本研究では、そういった近未来を見据えて、インターネット上に溢れかえるであろう、一見、無秩序で互いに関係の無さそうな大量のIoT情報流から、状況依存にサービスを創発するような仕組みについて考えたい。これまでの試みの多くは、IoT情報の収集やサービス生成はコンピュータ内の独自プロトコルで実装されており、一般の人にとって理解したり操作できる言語体系とはかけ離れていた。そこで本研究では、人とIoT機器が対等に会話できるような自然言語の会話場の中でIoT情報の収集やサービス生成を実現することを目指す。つまり、IoT情報があふれかえっ

たタイムラインと、人の日常の対話のタイムラインを同居させ、実世界データと人の対話の文脈に埋め込まれたタイムリーな情報提供や問題解決がなされるようなプラットフォームを実現することを目的とする。

本研究では、そういった仕組みの基盤として、Twitterのようなタイムラインを想定する。タイムラインには、人による投稿だけでなく、機械的に生成されたボットによる投稿が混在する。また、それらによって参照されたインターネット上のあらゆる情報資源を対話文脈の中に埋め込むことができる。したがって、元々の情報発信者が前もって意図していた範囲を超えた偶発的な出会いや価値を生む。さらに、TwitterではFollow機能によって各アカウントごとのタイムラインの視野を制御することや、鍵付きアカウントによって情報伝播の範囲を限定することもできる。したがって、本研究ではTwitter的なタイムラインの上で、人とIoTが対等に対話を共有するシステムの構築を目指す。ただし、現時点ではTwitter上のシステム開発には投稿数や仕様変更のリスクがあるため、グループチャットツールのSlackを利用して実装を行っている。

本稿では、筆者らの研究グループの活動環境で試験的に運用した事例を紹介しながら、現状と今後の発展について議論する。

¹ 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate

^{†1} 現在、株式会社モルフォ
Presently with Morpho

2. 人とIoTの情報流におけるサービスマッチング

提案するシステムは、1) 実世界センサ情報をタイムラインに投稿するセンサノード、2) 複数の異種センサデータから構造を見出して抽象化された情報を投稿するボット、3) 人の投稿や会話とIoT情報流を関連づけてタイムリーなサービス提供を行うボットの3つで構成される(図1)。人とIoT情報流の対話のプラットフォームとしては、グループチャットツールのSlackを利用した。

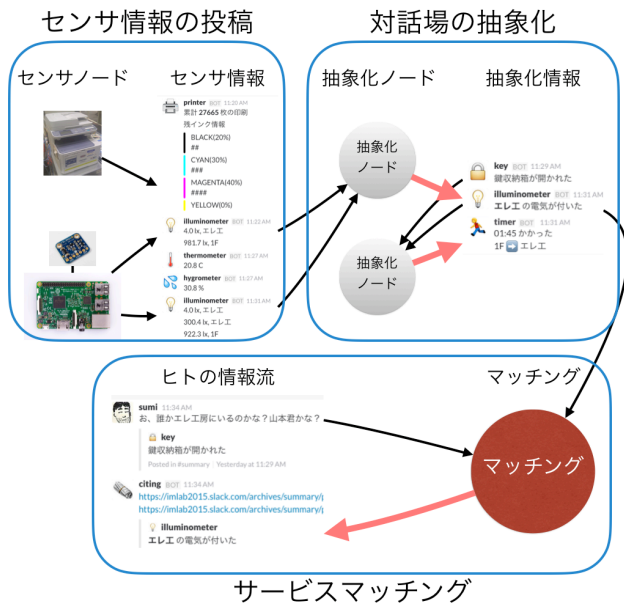


図1 提案プラットフォームの概念図

2.1 実世界センサ情報をタイムラインに投稿するセンサノード

Raspberry Piに各種センサをとりつけ、居室の温度・湿度を定期的につぶやくボット、特定の机の引き出しや扉の開閉をつぶやくボット、冷蔵庫の開閉の際に庫内の写真を投稿するボット、プリンタの印刷枚数やインクの残量をつぶやくボットなどを開発した。また、自分たちで身近な場所に設置したセンサノードだけでなく、Web上から得られる情報、例えば、天気予報やバスの運行状況、スーパーマーケットの安売り案内といったものも、同じ枠組みで扱うこととする。

2.2 複数の異種センサデータから構造を見出して抽象化された情報を投稿するボット

種々のIoTノードが大量の情報をタイムラインに投稿するため、人がそれらをつぶさに見たり検索することは現実的ではない。そこで、異種センサデータ間の共起性や時間構造に注目して、ある程度意味のある情報に解釈する必要がある。そこで、複数センサデータの前後関係から人の移

動を推定したり、温度と冷蔵庫の利用頻度の関係を見出して、その内容をタイムラインに投稿するボットを開発した。

2.3 人の投稿や会話とIoT情報流を関連づけてタイムリーなサービス提供を行うボット

ここまでの取り組みだけだと、タイムライン上にモノの投稿が一方的にあふれかえるだけである。それらと人の要求や状況をマッチングする必要がある。そこで、Slack上のユーザの書き込みや、ユーザ間の会話から、潜在的な要求や状況を読み取り、それに対して有益な情報を前節で用意された情報から見出し、提供する(リツイートする)仕組みを実装した。例えば、「お腹すいたなあ」というやり取りには冷蔵庫内の写真をリツイートしたり、「そろそろ帰るか」というつぶやきにはバスの運行状況情報を提示したり、といったものである。

3. 関連研究

Jensonら[2]は、現在のIoTはWWW以前のインターネットと似た状況であると述べている。つまり、色々なモノが柔軟につながる可能性を秘めてはいるが、人がその存在を見つけたり意味を作り出すのは困難である。今後は、一つ一つのIoT情報を、誰がどうやって使うかを前もって決めるのではなく、状況に応じて価値が創発する、という仕組みが望ましい。

環境に埋め込まれた多くのIoT情報を柔軟に組み合わせながら、状況依存のサービスを提供する試みは数多く提案されてきた(例えば、[3], [4], [5])。我々が目指しているのは、人も理解できる自然言語に基づいた会話場の中で、人の発話とIoT情報が混在し、互いに強化し合う、つまり、IoT情報が人の活動を支援するとともに、人の発話がIoT情報の解釈や利用に役立つような仕組みを作ることである。そこで、TwitterやSlackのようなチャットに基づいたタイムラインをシステム基盤とすることとする。

TwitterをIoT情報と人の対話場として利用する試みも、すでに多くなされている。例えば塚田ら[6]は、家のポストに郵便物が届くとそのことをツイートするシステムを提案した。米澤ら[7]は、ワイヤレスセンサネットワーク上のイベントをTwitterを介して容易に定義・共有するプラットフォームを構築した。大野ら[8]は、情報家電の操作インターフェースとしてTwitterを利用した。大村ら[9]は、ネットワーク上の複数デバイス間のメッセージのやり取りにTwitterを利用した。

本研究では、IoT群とユーザの1対1対話のインターフェースとしてだけでなく、普段から人同士が会話場として利用しているタイムラインの中にIoTとの緩やかな対話を埋め込むことを目標としている。そのような試みは少しずつ始まっており(例えば、[10], [11])、本研究も具体的なシステム試作と運用観察を基にした議論を提供するものである。

4. システムの試作と運用

筆者らが所属する大学の研究環境をフィールドとしてシステム試作を行い、運用観察を進めている。システム開発は現在も発展途上であるが、本稿では、2016年8月の試作開始時から2017年1月までの半年間の内容を述べる。

試作のフィールドとしては、階の異なる2か所の空間を対象とした。

共用スペース 4メートル四方程度のオープンスペースで、共用の什器や電子機器（机、プリンタ、冷蔵庫など）があり、頻繁に人が出入りしている。

実験スペース 6×4メートル程度の実験スペースで、研究グループメンバーの一部が比較的長い時間滞在する場所である。

当時の筆者の研究グループは、教員1名に学生（大学院生、卒研究生、留学生）15名で構成されており、活動環境が4か所程度に分散しているため、普段からSlackを使って情報共有を行っている。とは言え、どのスペースに人がいるのか、共用物品を誰かが持ち出しているか否か、といったことは、気になる情報であるにもかかわらず、いちいち情報発信しあうことではない。したがって、意図的にわざわざ情報発信しなくても、ゆるく互いの状況に気づき合えるような情報システムを必要としており、今回の研究も、その解決策の一つとして取り組んでいる。

以下、図1に示した3つのモジュールごとに試作状況を説明する。

4.1 センサノードの設置

グループメンバーの存在や行動の痕跡を情報化するために、共用什器にセンサ類を設置し、何か変化があればSlackに投稿するボットを開発した。ここでは、そういったセンサとボットの組み合わせを「センサノード」と呼ぶことにする。

センサノードの試作には、Raspberry Pi3を利用した。各用途に合わせてセンサ類を組み込み、センシング結果をSlackに投稿するプログラムを常駐させた。Slackへの投稿プログラムは、Slack Web API^{*1}とSlack Real Time Messaging API^{*2}を使ってPythonで実装した。なお、Slackへの投稿にあたっては、普段人が利用する#generalチャンネル（タイムライン）ではなく、#sensorという専用チャンネルに投稿するようにした。#sensorチャンネルはIoT情報の蓄積場であり、人が直接見るようなことは想定していない。

図2に示すのは、共用の冷蔵庫の扉に設置されたセンサノードの例である。このセンサノードは、加速度センサで扉の開閉を感知し、扉の開いたタイミングで写真を撮り、

Slackに自動で投稿するものである。投稿された写真の例が図3である。

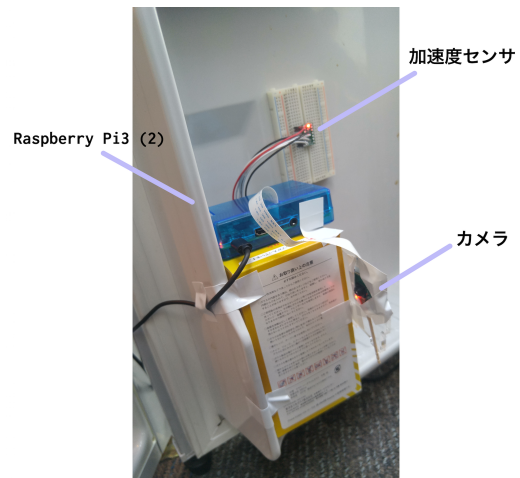
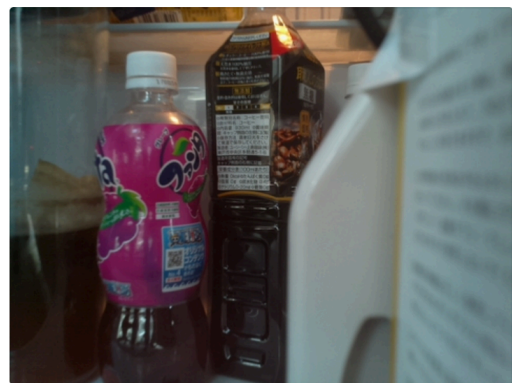


図2 冷蔵庫の開閉に応じて庫内の写真を投稿するセンサノード

 door BOT 12:55 PM
uploaded and commented on this image: [20170119125520](#)



“ 冷蔵庫が開閉

図3 冷蔵庫内の開閉に応じてSlackへ投稿された写真の例

このセンサノードは、直近の冷蔵庫内の様子を共有することを目的として設置した。現時点では、物品推定のための画像処理といった知的処理はしておらず、写真の利用を人にゆだねている。しかし、冷蔵庫の中身はさておき、冷蔵庫の扉の開閉があるたびにタイムラインに投稿がなされるので、間接的には、共用スペースに人がいるか否かを知るのに都合が良い。忙しい時期には頻繁に開閉がなされて、メンバーの往来が多いことが一目瞭然であるし、朝早くや夜遅くの開閉のように非日常性に気づききっかけにもなる。

この例でわかるように、我々が運用しているセンサノードは、グループメンバーの行動を理解するうえで、個人を特定したり、ましてや個々人が身に付けて網羅的に記録する、というようなアプローチは取っていないので、気軽に導入可能である。そして、緩やかにグループの活動状況を

*1 <https://api.slack.com/web>

*2 <https://api.slack.com/rtm>

知ることに役立つと思われる。

次の例（図4）は、ある物置の特定の引き出しの開閉を感知し、投稿するセンサノードである。この場合は、赤外線センサを使って実現した。この引き出しは、グループで共同利用している上記「実験スペース」のカードキーの置き場としているため、図5に示したような投稿がなされる。

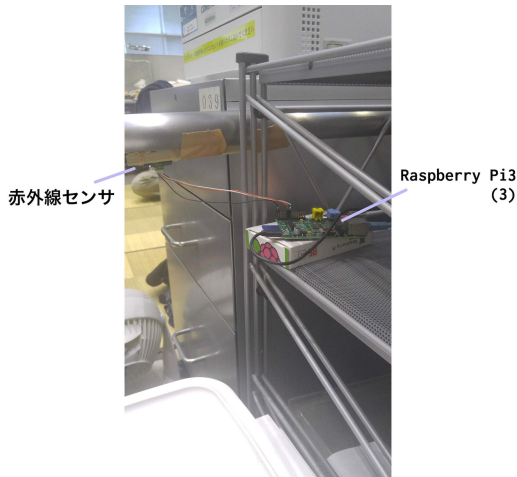


図4 特定の引き出し開閉を感知して投稿するセンサノード



図5 引き出し開閉についての Slack への投稿

注目すべき点は、この時点では引き出しが開閉されたことだけしかわからないのだが、後述するように、他のセンサノードによるセンサ情報との時間関係から、カードキーが持ち出されたのか、それとも戻されたのかが、ほぼ推定できる。

もう一つのセンサノードは、共用スペースの一角に置かれ、温度、湿度、そして照度（明るさ）を投稿するものである（図6）。cron を使って10分ごとに#sensor チャンネルに投稿するようにした。図7がその様子である。

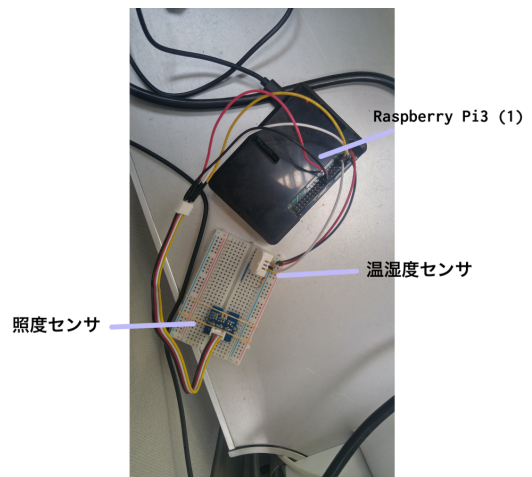


図6 部屋の温湿度と照度を投稿するセンサノード

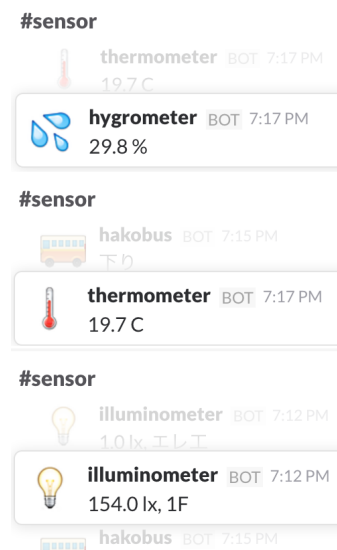


図7 温湿度センサと照度センサによる Slack への投稿

Raspberry Pi3 を使ったセンサノードだけでなく、元からネットワークにつながった機器であれば、有意義なセンシング情報を発信することが可能である。図8は、共用スペースに置かれたプリンタの情報を定期的に投稿しているボットの出力例である。cron を用いて20分ごとに問い合わせ、それまでの累計印刷枚数とトナー残量を#sensor チャンネルに投稿している。

自ら実環境に埋め込んだセンサノード以外に、Web から得られる実世界情報も我々は同様に扱うことにしている。例えば、函館バス BUSLOCATION^{*3}ではバスの運行状況を提供している。大学周辺ではバスの運行遅延が多く発生し、日頃から本サービスの需要が高い。そこで、大学に向かうバスと、大学から帰る際に使用するバスの運行状況を、cron を用いて5分毎に Slack の#sensor チャンネルに投稿することにした。バスの運行状況と合わせて、タイムライン#sensor に様々な実世界情報が蓄積される様子を、図9

^{*3} <http://hakobus.jp>

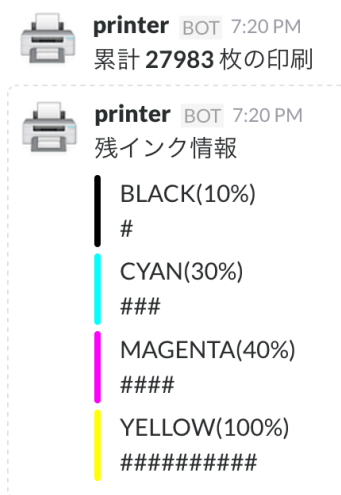


図 8 Slack へ投稿されるプリンタ情報の例

に示す。

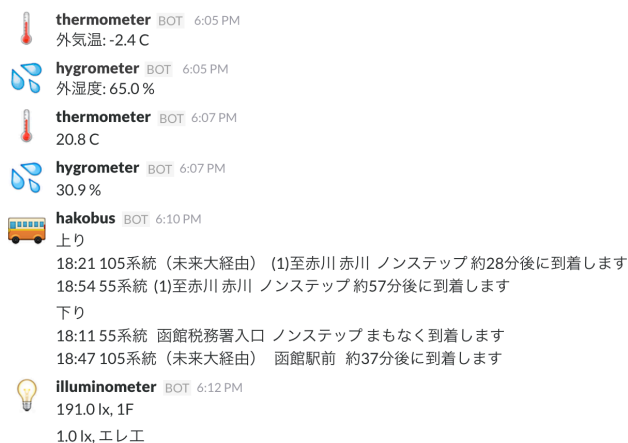


図 9 タイムラインに蓄積される情報

4.2 センサ情報の解釈を投稿するボット

ここまでで紹介したセンサノード類は、大量の情報流を発生するが、そのまま人が見るには適さない。そこで、時系列変化の解釈や、複数センサ情報間の関連性から人にとって有意義な解釈を見出す必要がある。ここでは、#sensor チャンネル上に蓄積されたデータから得られる解釈を投稿するボットについて説明する。なお、ここでの解釈ボットの投稿は、センサからの生データとの混在を避けるために、新しいチャンネル#summary に投稿するようにした。

一つ目の例を図 10 に示す。ここでは、実験スペースに設置された照度センサの値の変化から、部屋の電灯のオン・オフを解釈している例である。

実験スペースはあまり自然光に左右されない屋内にあるため、照度の値変化がほぼ部屋の電灯のオン・オフと対応していることに気づき、このような解釈ボットを容易に実装することができた。一方、共用スペースにも同様の照度センサを設置しているが、そちらはオープンスペースで

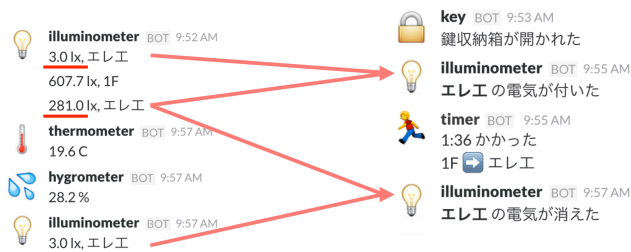


図 10 部屋の明るさの変化を解釈して Slack に投稿される例

自然光の影響を大きく受け、上記のような電灯オン・オフとの関連付けは難しいことがわかった。以上のことは、結果的には当たり前のことだが、しばらく運用し、#sensor チャンネルに蓄積されたデータをグラフ化してみても明らかになった。今回は、我々筆者が気付いて解釈ボットを実装したが、将来は、時系列パターンから意味のありそうな情報を人に提示し、タイムライン上の会話を通して有意義なサービスの発見と再利用を促す仕組みを実現したい。

次の例(図 11)は、複数センサの投稿の時系列関係から解釈を見出すものである。1階にある共用スペースの「鍵収納箱」開閉と、3階の実験スペース(図中の「エレエ」)の電灯のオン・オフは、時間的に隣接しており、因果関係がある。そこで、「鍵収納箱」の開閉と、実験スペースの電灯のオン・オフの間にどれだけの時間差があったかを投稿する@timer ボットを実装した。この値(図中の1分36秒)は、1階の共用スペースからカードキーを持ち出し、実験スペースに到着して電灯をつけるまでの時間であると考えられる。

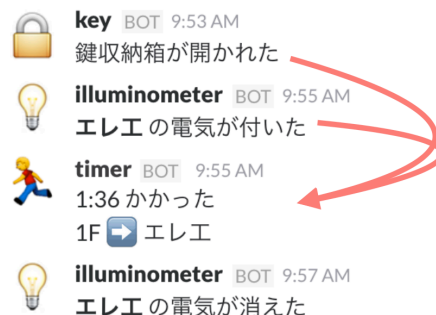


図 11 複数センサ間による時系列情報の解釈の例

こういうことが観測・解釈可能であることがわかると、様々な発展が考えられる。例えば、@key ボット自体は引き出しの開閉しかセンシングしていないが、その前後の@illuminometer ボットの投稿が「電気がついた」なのか「電気が消えた」なのかで、カードキーが持ち出されたのか、それとも返却されたのかを推測することが可能になる。さらに、カードキーが返却されるべきタイミングで@key の投稿が無い(したがって@timer の投稿も無い)状態が続いた場合は、誰かがカードキーの返却を忘れて持ち歩いてしまっていることが推定される。そういったときには、

Slack 上で「誰かカードキーの返却を忘れていませんか？」
 というような警告メッセージを自動的に送ることも有益であ
 ろう。

4.3 人の会話に参加してサービス提供を行うボット

前節までに紹介したセンサノードと解釈ボットにより、
 2つのタイムライン (#sensor, #summary) には大量のセン
 サ情報が蓄積される。これらをそのまま閲覧したり検索
 しながら日常生活で活用するのは難しい。「ながら」的な
 状況でタイムリーに有益な情報と邂逅するという意味では
 無力であろう。

そこで本研究では、人の会話に参加する形で、タイム
 リーに情報提供するボットを試作した。具体的には、Slack
 の #general や #random といった、グループメンバー同士
 が日常的にチャットしたりつぶやいたりするようなタイ
 ムライン上の投稿に反応して、そのタイミングで有益と思
 われる情報を投稿するボットを開発した。投稿内容は、そ
 れまでに #summary や #sensor に蓄積されたものをシェア
 (Twitter で言うところのリツイート) する形にした。

例を図 12 に示す。ここでは、タイムライン上でグルー
 プメンバー同士がチャットをしており、その一方が「じゃ
 あそろそろ (大学へ) 行かないとなあ」とつぶやいた直後
 に、ボットが大学行きのバスの運行状況 (近くのバス停を
 何時に通過しそうか) を投稿している。

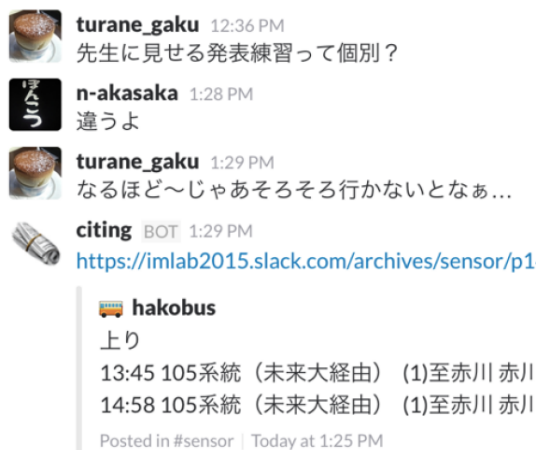


図 12 タイムライン上の会話とバス運行情報のマッチングが生じた例

これはかなりうまくいき過ぎた例であるが、我々が想定
 している動作シナリオの典型例である*4。こういう成功例
 を効率よく実現するには、文脈理解も含めたかなり高度な
 自然言語処理が必要だと思われるが、現時点では、単純な
 キーワードに反応しているだけである。表 1 に示した通り
 、提示情報の種類に合わせて過去の投稿をシェアする形
 で、会話に参加する (というよりは割り込む)。ここから

*4 ちなみに本例は偶発的に発生した事例である。

わかるように、単に言葉尻をとらえて反応するボットなの
 で、現状ではかなりうるさいのが本音である。

表 1 サービスマッチングに用いられるキーワード
 ノードユーザ ID 対応キーワード

ノードユーザ ID	対応キーワード
@door	蔵, 腹, 食, レンジ, 飲, 茶, 氷, 喉, 渴
@illuminometer	明, 電気, エレ, いる, 照
@hakobus	バス, 行, 帰, いつ, 次, つぎ, 赤川, 大学, 美原, 疲
@key	エレ, 鍵, どこ, 誰

他の例をもう一点紹介する。図 13 に示すのは、メンバー
 の一人が「お腹すいた」とつぶやいたところ、ボットが直
 近の冷蔵庫内写真をシェアし、タイムラインがにぎわう様
 子である。現状では「食」に関連する情報は冷蔵庫内写真
 しかないので単純すぎるが、今後、食堂の込み具合や近所
 の食料品店のバーゲン情報などの多様な情報がシェアされ
 るのであれば、有意義なシステムになると期待している。

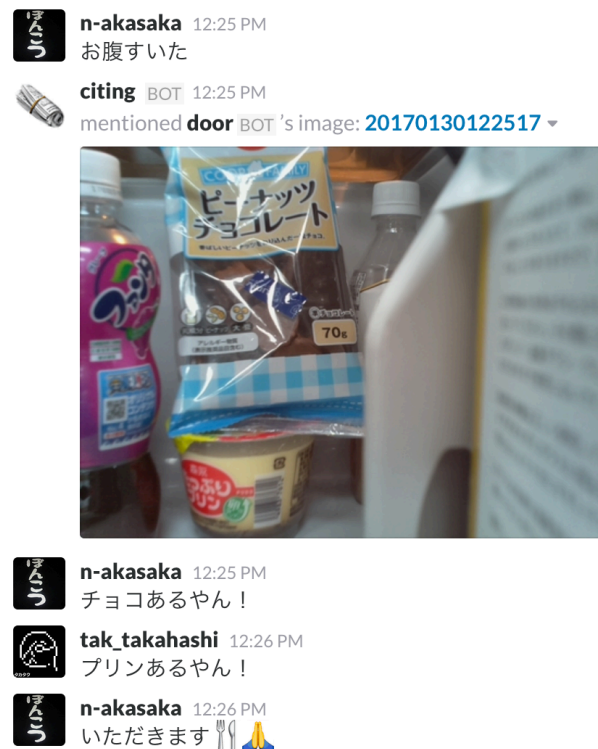


図 13 タイムライン上の会話と冷蔵庫情報のマッチングが生じた例

最後に紹介したような成功例を経験すると、あえてメッ
 セージ共有のようなつもりで、お土産を冷蔵庫に入れた写
 真を共有するといった、間接的なグループ間コミュニケーションが観察されるのも興味深い現象である。椎尾ら [12]
 も似たような手段による遠隔コミュニケーション支援を提
 案しているが、それに類する新しい使い方が、あらかじめ
 設計されたわけではなく、ユーザによってアジャイル的に創
 造・実行されるのが、真にインターネット的・Twitter 的
 であると考えられる。したがって、設計者が提供する完成した

システムではなく、利用者が使いながら価値を創造できるプラットフォームとして、提案システムを発展させていきたい。

5. おわりに

人とIoT情報がタイムライン上での対話を通して情報共有やサービス発見する仕組みを提案した。開発プラットフォームとしてSlackを利用し、その上にIoT機器からのセンサ情報流を実現することがから始めた。次に、センサ情報流から人にとって理解可能かつ価値がある情報を見出して投稿するボットを試作した。そして、タイムライン上の人同士の会話に応じて、タイムリーに関連しそうな情報を再投稿するボットを提案した。

現時点では、グループの共有スペースや備品の状況把握、タイムリーなバスの運行情報の提示などで有意義な動作を得ることができた。また、グループの共有機器（冷蔵庫やプリンタ）の利用状況を通知することで、グループ内の活動状況がゆるやかに共有されることが確認できた。当事者各自が特殊なデバイスを携帯してego-centricに行動計測するのではなく、モノを介した緩やかなグループ活動の計測・理解・支援のプラットフォームとして、提案システムを発展させたい。

また、本稿では詳細には紹介しなかったが、大量の実世界モニタリングデータがたまりつつあるので、例えば、温度の上昇と冷蔵庫の利用頻度（や中身）の相関関係なども確認できるようになった。したがって、センシング結果を提示するばかりではなく、予測を行って、例えば、「(天気予報も活用して)今日は暑くなりそうですが、ここでアイスクリームの安売りをしていますよ（と安売り情報をリツイートする）」といった情報提示をすることも可能だと考える。

今後注力したいのは、タイムライン上の会話の文脈に合わせてサービスマッチングする部分である。現状のボットは、言葉尻を拾って単純な情報投稿を行っているに過ぎない。タイムライン上の会話の文脈をとらえて情報提示の精度を上げること、言語以外の状況情報（例えば、時間帯、会話グループの属性、グループのスケジュールなど）も活用して気づきの視野を広げることに取り組みたい。

また、センサノードとして、現状では環境に固定された単純機能の端末を利用していたが、ロボットを能動的な実世界情報収集エージェントとして活用したい[13]。ロボットは、自律移動したり、周りの変化に応じて注目対象を能動的に見たり聞いたりすることができる。また、目の前の人に話しかけて主体的に情報収集したり、状況そのものを創り出すこともできる。さらに、受動的に情報収集するだけでなく、話しかけたり、身振り手振りを使ってタイムリーに情報提示することもできるので、実世界文脈に埋め込まれた情報提示メディアとしては強力であると考えられる。

参考文献

- [1] Luigi Atzori, Antonio Iera, and Giacomo Morabito. The internet of things: A survey. *Computer Networks*, Vol. 54, pp. 2787–2805, 2010.
- [2] Scott Jenson, Roy Want, Bill N. Schilit, and Robin H. Kravets. Building an on-ramp for the internet of things. In *Proceedings of the 2015 Workshop on IoT Challenges in Mobile and Industrial Systems (IoT-Sys '15)*, pp. 3–6. ACM, 2015.
- [3] Sho Hashimoto and Toshiyuki Masui. The furniture of ubiquitous computing. In *Proceedings of the 2013 ACM conference on Pervasive and Ubiquitous Computing Adjunct Publication*, pp. 845–852. ACM, 2013.
- [4] Andrei Ciortea, Olivier Boissier, Antoine Zimmermann, and Andina Magda Florea. Responsive decentralized composition of service mashups for the Internet of Things. In *Proceedings of IoT '16*, pp. 53–61. ACM, 2016.
- [5] Alexander Ilic and Alexis Leibbrandt. Vision-based configuration in the internet of things: An example of connected lights. In *Proceedings of IoT '16*, pp. 141–146. ACM, 2016.
- [6] Koji Tsukada, Yuka Mizushima, Ai Ogata and Itiro Siio. LetterTwitter: Smart mailbox for spam-filtered notification of received letters. In *Proceedings of the 12th ACM International Conference Adjunct Papers on Ubiquitous Computing*, pp. 439–440. ACM, 2010.
- [7] Takuro Yonezawa and Hideyuki Tokuda. Twitthings: Sharing, discovering and defining things' happening using wireless sensor networks. In *International Conference of Internet of Things*, pp. 21–23, 2010.
- [8] 大野淳司, 安本慶一, 玉井森彦. SNSを利用した情報家電の遠隔制御・監視システムの提案. 情報処理学会研究報告(マルチメディア通信と分散処理), Vol. 2012-DPS-151, No. 13, 7 pages, 2012.
- [9] 大村廉, 佐々木遼平. TwitterとECAルールによるセンサネットワークアプリケーション基盤の構築. マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2012)シンポジウム, pp. 1601–1609, 2012.
- [10] Ricardo Aparecido Perez de Almeida, Michael Blackstock, Rodger Lea, Roberto Calderon, Antonio Francisco Prado, and Helio Crestana Guardia. Thing broker: A twitter for things. In *Proceedings of the 2013 ACM Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing Adjunct Publication*, pp. 1545–1554. ACM, 2013.
- [11] Wed Al-Ateeq and Hend Al-Khalifa. A hands-on approach to the web of things: The twitter vending machine experience. In *Proceedings of the 18th International Conference on Information Integration and Web-based Applications and Services (iiWAS '16)*, pp. 500–503. ACM, 2016.
- [12] Itiro Siio, Jim Rowan, and Elizabeth Mynatt. Peek-a-drawer: Communication by furniture. In *Proceedings of CHI '02 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 582–583. ACM, 2002.
- [13] 山本大貴, 角康之. ロボットメディアによるグループ内情報の流通. マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2017)シンポジウム, 2017. (発表予定)