

人型ロボットの機能を拡充するウェアラブルコンピュータシステム A wearable computer system to expand humanoid robots' ability

池田 輝政[†] 遠藤 正隆[‡] 中嶋 裕一[‡] 三浦 哲郎[‡] 菱田 隆彰[†]
Terumasa Ikeda Masataka Endo Yuuichi Nakashima
Tetsuro Miura Takaaki Hishida

1. はじめに

人間の代わりに定められた作業を自律的に行うロボットは、これまで主に産業分野での需要が多かった。従って、特定の作業においてのみ性能を発揮できればよく、人間とのコミュニケーションもそれほど必要とされていなかった。しかし、近年ではロボットを一般家庭や商業施設でのサービス分野で活用したいという風潮が高まってきており、人間とのコミュニケーションが取れるロボットへの需要が増している。そのようなロボットは、その姿も人間を模した形が取られることが多く、カメラや各種センサを利用した五感のシミュレートや人工知能による会話文の生成などにより、より人間に近い感覚で接することができるよう工夫されている。更に、外部ネットワークへの通信機能を持ち、インターネットなどから情報を援用することが可能なものも多い。人とのコミュニケーションを目的とした人型ロボットには Softbank 社の Pepper (図 1) などが既に製品化され、ユーザの手に届きやすい状況が広まっている。

ロボットには様々なデバイスが内蔵されているが、一般に搭載されるのは目的遂行のために必要なデバイスだけである。そのため、設計時の想定以上の処理をさせたり、他の目的に流用したりするには能力不足が生じる。より高度な処理や新たな機能を追加するための手段としてデバイスの追加が考えられるが、現行の人型ロボットはそのための拡張性に欠ける場合が多い。

本研究では、様々な拡張デバイスを接続したウェアラブルコンピュータをロボットに装着させ、ロボットが持つ ICT 機能を用いてそれらと連携させることにより、機能を拡充するシステムの開発を目指した。そして、そのシステムの実装の一例として、ロボットによる勤怠管理システムを製作し、実際に企業で試験運用してもらうことでその動作を確認した。

2. 現行の人型ロボットが持つ問題点

人型ロボットは着実に進化しており、将来的には我々の生活により自然に溶け込むようなロボットが生まれてくるのが期待できるが、現時点で入手可能なロボットに関して言えば、まだいくつかの問題点を抱えている。例えば、人間とのコミュニケーションに最も重要な対話能力については未だ満足できるレベルに達していない。人間とロボットとの対話に関しては、坂本[1]など様々な研究者によって検討されているが、現状ではプログラムされた受け答えが主となっており、人工知能の活用を持ってしても完全な自由対話が可能であるとは言い難い。この問題は、単純に処理能力や手法の問題だけではなく、コミュニケーションに必要な情報の取得が不十分であることも起因している。人

間同士が対話する場合、実際には相手の会話文の内容だけではなく、相手の容姿やその場の環境など様々な情報を勘案して言葉を選択していると考えられるからである。

また、コミュニケーションを主目的としているが故に、目的遂行に必要な最低限なレベルのハードウェアで構成されており、その機能を他の用途に流用し辛いことも問題となる。例えば、ロボットの視覚を担当するカメラデバイスで、一般的な写真撮影に流用することを考えてみる。ロボットが視覚情報をコミュニケーション目的で使うだけであれば、カメラは人物を識別できる程度の解像度を持っていればよく、露出調整やフラッシュなどの機能は必要ではない。しかし、そのカメラを一般的な風景などを撮影しようとした場合、風景を美しく撮るために様々な機能が必要となり、ロボット内部のソフトウェアの変更では補うことができないこともあるだろう。

これらの問題を解決するために考えられる手法として、ロボットに周辺機器の設置が考えられる。新たなデバイスをロボットの外部に設置し接続することで、処理能力の拡大や新たな機能の獲得を見込むことができる。しかし、現行の人型ロボットはハードウェアとしての拡張性が考慮されていない場合が多く、PC のようにデバイスを簡単に増設することができないのが現状である。

3. ウェアラブルコンピュータによる機能の拡充

ICT 技術の発達により小型で高性能な電子機器の開発が可能となり、ウェアラブルコンピュータやウェアラブルデバイスと呼ばれる機器が認知されるようになってきている。これらは人間の頭部や腕など、身体の一部に装着して用いることを想定したコンピュータシステムの総称である。ウェアラブルコンピュータはユーザにより近い位置から間断なく ICT 機能を提供できるため、装着しているユーザは、あたかも自身の能力が拡充されたかのような感覚でその能力を利用することができる。



図 1 Pepper

[†] 愛知工業大学, Aichi Institute of Technology

[‡] 株式会社リオ, RIO CORPORATION

実際には人間にコンピュータを直接接続して利用することはできないので、人間と外付けデバイスであるウェアラブルコンピュータとの間のコミュニケーションは、人の所作の一部をコンピュータが検知することで行う。

外部のデバイスが接続できないという点において、人間と現行の人型ロボットは同じであるとする、人間と同じ方法で問題を解決することができると考えられる。人型ロボットにウェアラブルコンピュータを装着し、情報をやり取りすることで、擬似的なロボットの機能拡充が可能となる。また、機能拡充の対象が人間の場合はインタフェースとして人の所作の検知が必要だが、ロボットの場合は相互に通信ができれば、シームレスなやり取りによって対人間よりも柔軟で親和性の高いシステムと成り得る。

本研究では、様々な人型ロボットで利用できる汎用的なウェアラブルコンピュータシステムを提案し、その実証となるシステムの製作と検証を目指した。

4. 「Attachment」システムの製作

3 節で述べたシステムの実証として「Attachment」システムを製作した。Attachment は中枢となる PC、及びそこに接続する外付けデバイスなどのハードウェアと、PC 内部で稼働しているサーバソフトウェア群の総称である。

まずはハードウェアの構成について解説する。中枢となる PC は、ロボットが装着可能なサイズと重量、及び外付けデバイスの接続しやすさを考慮して、市販のスティック PC を採用した。スティック PC は省電力 CPU を搭載しているためモバイルバッテリーでも起動可能で、且つ Windows 8.1 が動作するため、Windows 用のドライバが用意されている外付けデバイスであれば問題なく利用することができる。各デバイスは USB を介して接続する。PC 本体には USB 端子が一つしかないが、USB ハブを用いることで複数のデバイスを同時に認識し利用できることを確認した。

図 2 は Attachment の概略図である。サーバソフトウェアとしては、ロボットとの通信、接続されたデバイスへのアクセス、及びロボットに提供する Web サービスの処理を行うための Java EE アプリケーションサーバと、様々なサービスでの利用が想定されるデータベースサーバが稼働している。ロボットとスティック PC とは Wi-Fi で接続され

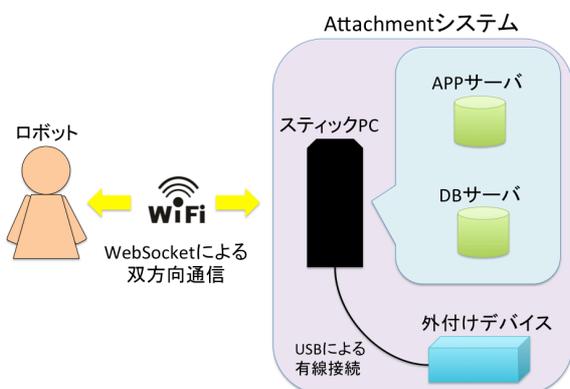


図 2 Attachment 概略図

TCP/IP 通信で情報をやり取りする。アプリケーションサーバ上の Web サービスは、WebSocket エンドポイントとして提供されるため、双方向通信による自由度の高い情報のやり取りが可能である。各種デバイスやデータベースを利用した Web サービスを、接続するロボットごとにチューニングして提供することで、汎用的なウェアラブルコンピュータシステムが実現できる。

5. Pepper による勤怠管理システム

我々は以前、人型ロボットに対する機能拡充の一例として、Attachment のプロトタイプに当たるシステムを製作し、それを用いた Pepper による勤怠管理システムの試作を行った[2]。このシステムは単純に Pepper に勤怠管理の機能を付け加えただけでなく、既存の勤怠管理ルーチンに Pepper によるユーザへの労いや激励の声かけを加えることで、職場環境の改善を狙ったものである。今回はその時のシステムをベースに改良を施し、より効果的、且つ実用に耐えうる勤怠管理システムの製作を行った。

一つ目の改良点として、接続する外付けデバイスに IC カードリーダを追加した。プロトタイプ時点では Web カメラを接続し、そこから QR コードを読み込んで個人識別をしていたが、実際の勤怠管理では社員証などの IC カードを用いることが多い。その為、IC カードリーダの操作、及び IC カード上の情報の読み書きをする為の API を用意し、Web サービス上から利用できるようにした。

二つ目の改良点は、ロボットと Attachment との間の通信におけるデータの整備である。プロトタイプでは提供されるサービスが一つだったため、平文のキーワードを送受信し、それをトリガーとしてお互いの処理をコントロールしていた。しかし、提供されるサービスが複数ある場合、各サービスが勝手なルールでデータを送受信しては汎用性のあるシステムとは言えない。そこで、送受信するデータをステータスコードと実データをセットにした JSON 形式に限定し、それを規定する Java クラスを API として用意した。各サービスがそれを利用することで送受信されるデータの統一が図られる。

三つ目の改良点は、勤怠管理に係る処理の整備である。プロトタイプではシステムの動作を検証することが目的であったため、ダミーデータを用いて処理をしていた。しかし、今回は実用に足るシステムとして提供できるよう、取得しなければならないデータを精査し、データベースの設計から見直した。また、勤怠データに応じて Pepper が発する声かけのメッセージも様々なパターンを用意し、職場環境の改善という目的の面でも効果が上がるよう工夫した。

四つ目の改良点は、Pepper 本体の処理の変更である。プロトタイプでは Pepper の持つタブレットに表示される内容や Pepper の動作などについては Pepper 内でプログラムされていたが、今回は Attachment から HTML や Java Script を送信することでコントロールすることとした。これにより Pepper 内部で複雑なプログラムを用意する必要がなくなり、開発を簡素化することが可能となった。

6. 勤怠管理システムの検証

5 節で製作した勤怠管理システムの動作を実際に検証すべく、株式会社リオにご協力頂いて実地試験を行った。リオが所有する Pepper に Attachment を装着（図 3）、勤怠管

理用アプリケーションをインストールし、19名の社員に3週間に渡って Pepper による勤怠管理を体験してもらった(図4)。体験期間が終了した後、アンケートを配布して回答してもらった。アンケートの形式は、こちらが用意した設問(図5)に対して複数の回答項目から当てはまるものにチェックを入れてもらう。また、具体的な回答文を記入する欄も設け、忌憚なき意見を得ることができた。

図6は「Pepperが勤怠管理をすることについてどう思うか?」という設問に対する回答結果である。この設問は試験実施前の段階での期待度を測定する目的であったが、約7割がロボットによる勤怠管理という試みに肯定的であり、それなりに期待度が高かったことが伺える。

図7, 図8はそれぞれ出勤時, 退勤時における「Pepperの声かけについてどう思うか?」という設問の回答結果である。どちらも否定的な意見が肯定的な意見を上回った。肯定的な意見の内訳を見ると、挨拶をされて気分がよくなった, 嬉しくなったという意見が多かった。相手がロボットとはいえ、やはり挨拶を交わすことは気分が良く、職場環境の向上に寄与する, という目的を果たす結果となった。一方で、否定的な意見の内訳を見ると、大半が Pepper の声かけを無視しており、特に出勤時は打刻のタイミングで Pepper とやり取りをしている余裕がない, という意見が多かった。この問題については勤怠管理システムの設計において、出退勤時の状況に対する考慮が甘く、思ったような成果が得られなかったと言える。また、Pepper のセリフのパターンが乏しく、最初は楽しんでしたが途中から何も感じなくなり無視し始めた, という意見もあった。出退勤それぞれに7パターンの挨拶文と、打刻時間に応じて残業

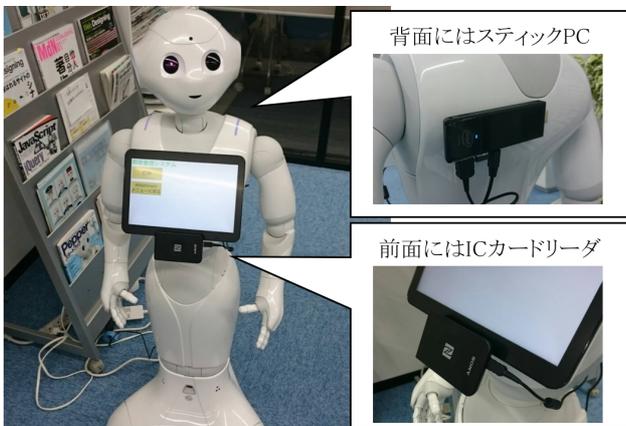


図3 Attachmentを装着した Pepper



図4 Pepperによる勤怠管理の様子

への労いの言葉などを数パターン用意し、それらを組み合わせさせたメッセージを喋らせるようにしていたが、それでも何度か利用するうちに新鮮味を感じなくなってしまうことがわかる。現状では Pepper に完全な自由対話の能力はなく、用意したパターンで受け答えするしか方法がないため、ユーザを識別して固有の情報を会話に入れ込む、ユーザの呼びかけを構文解析してあたかも会話しているような返答を生成するなど、ユーザを飽きさせない工夫をしていかなくてはならない。

図9は試験実施後において、「Pepperによる勤怠管理についてどう思ったか?」という設問に対する回答結果である。改めて7割超が肯定的に捉えていることがわかる。しかし、肯定的な回答の大半は「更なる改良に期待」という条件が付いており、今回の試みに意義は感じていても、決して満足な体験が受けられたわけではない, ということが伺える。これは前述した出退勤時の状況を考慮しきれなかった勤怠管理システムとしての設計の甘さが大きく関わっていると考えられる。また、今回のシステムは打刻完了までにタブレットでのメニューの選択を複数回しなければならず、その作業の冗長さも満足度を下げた理由であろう。

その他の意見として、Pepperの持つタブレットの反応が悪い、しばらく起動しているとアプリケーションが落ちてしまう、スリープモードからの復帰が遅くアプリケーションの起動に時間が掛かるなど、Pepper自体の性能に起因す

- Q1 - Pepperが勤怠管理をすることについてどう思うか? (実施前)
- Q2 - Pepperの声かけについてどう思うか? (出勤時)
- Q3 - Pepperの声かけについてどう思うか? (退勤時)
- Q4 - Pepperの話すセリフについてどう思うか?
- Q5 - Pepperによる勤怠管理についてどう思うか?
- Q6 - 実施後、勤怠状況に変化はありましたか?
- Q7 - 今後もPepperによる勤怠管理をしていきたいですか?
- Q8 - 機能について改善してほしいところは?
- Q9 - 今後、Pepperにやってほしいことは?

図5 アンケートの設問項目

Pepperが勤怠管理することについて (実施前)

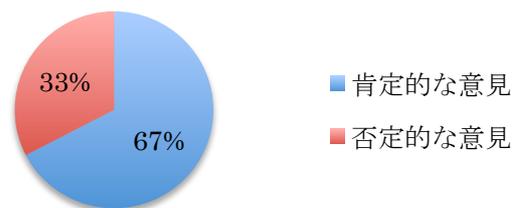


図6 Pepperが勤怠管理をすることについて (実施前)

る指摘も多かった。この点についてはメーカーによる Pepper の改良を待つしかないが、現状の Pepper の処理能力が把握できたことは、今後の開発において意味があると言える。

今回の実地試験の結論としては、勤怠管理システムとしてはまだ改良の余地が多くあり、満足な結果が得られたとは言いがたいが、Attachment システムのテストとしては想定通りの結果が得られた。Pepper に Attachment を装着することで単体ではできなかったサービスが提供できたことは、今後 Pepper を使ったサービスを考える際に可能性を広げる一助になったと言える。

7. まとめ

人間とのコミュニケーションを主目的とした人型ロボットに対して、ウェアラブルコンピュータを装着させるという手法で機能の拡充をするシステムを提案し、その実証としてウェアラブルコンピュータシステム Attachment を製作した。また、Attachment によるロボットの機能拡充の一例として、Attachment を装着した Pepper による勤怠管理システムを実装し、実地試験を行った。

Attachment については、概ね満足できる結果を得ることができた。実際に Pepper に装着してモバイルバッテリーでの動作も確認し、通信も問題なく行うことができた。IC カードリーダーへのアクセスを行う API の準備や、ロボットとの通信時におけるデータ形式の整備を行ったことで、新たな Web サービス作成の簡便化も図ることができた。また、WebSocket を利用した双方向での情報のやり取りによって、

ロボットからのフィードバックを得てサービスの内容を変化させることも可能となった。結果として、Attachment は人型ロボットの機能拡充の手法として有用であると証明できた。

翻って、Pepper による勤怠管理システムについては、まだ改良の余地が残る結果となった。実地試験の結果、システム自体はこちらで想定した通りに動作しているが、ロボットとのコミュニケーションによる職場環境の改善という目的については果たされたとは言いがたい。原因として Pepper 自体の機能不全や能力不足という点もあるが、まず出退勤時の状況を考慮した打刻手順のルーチンやインタフェースデザインなど、勤怠管理システムとしての不備は否めない。勤怠管理というシビアにコントロールされなければならない処理に、いかにしてコミュニケーションロボットを組み合わせしていくか、という問題については更なる検討が必要である。これは他のサービスを展開する上でも当然現れうる重要な検討事項である。

今後の課題としては、Attachment をより強力なシステムとするため、利用できる外付けデバイスや Web サービスを増やしていくことが挙げられる。外付けで利用できるデバイスは多種多様であり、それぞれを有効活用することでロボットが得られる恩恵は大きい。特に最近、進化の著しいセンサ系デバイスは、ロボットの機能拡充に多大な影響を与えることが期待できる。また、Attachment の汎用性を高めるために、Pepper 以外のロボットへの装着実験を行いたい。ロボットごとにチューニングされた Web サービスを提供していくことで、ユーザはどのロボットからも同じ体験を得ることができるようになる。結果として、人型ロボットの市場自体を盛り上げる効果も期待できる。

現在は人型ロボットの進化の過程において過渡期であり、様々な性能や個性を持ったロボットが生まれてくることが考えられる。その中で、汎用的に利用可能で性能格差を埋めることができる本システムは、人型ロボットの普及に貢献できる存在であると考えられる。

参考文献

- [1] 坂本 大介, “対話メディアとしての人型ロボットにおけるインタラクションデザインに関する研究”, 博士論文 (2008).
- [2] 吉川 彰太, 野場 絢斗, 炭竈 桂輔, 遠藤 正隆, 中嶋 裕一, 三浦 哲郎, 池田 輝政, 菱田 隆彰, “外部システムを用いた人型ロボットの機能拡張システム”, 情報処理学会第 78 回全国大会, Vol.3, No.457 (2016).

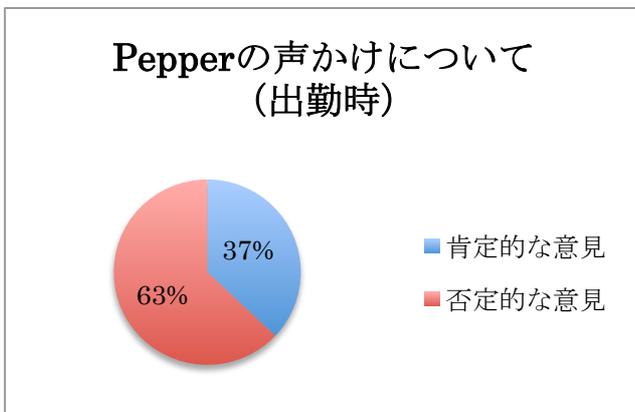


図 7 Pepper の声かけについて (出勤時)

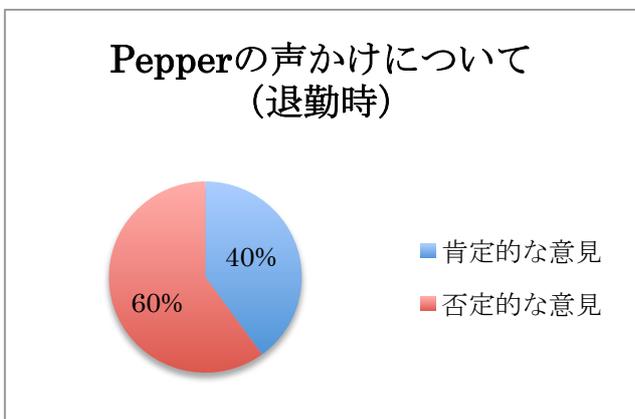


図 8 Pepper の声かけについて (退勤時)

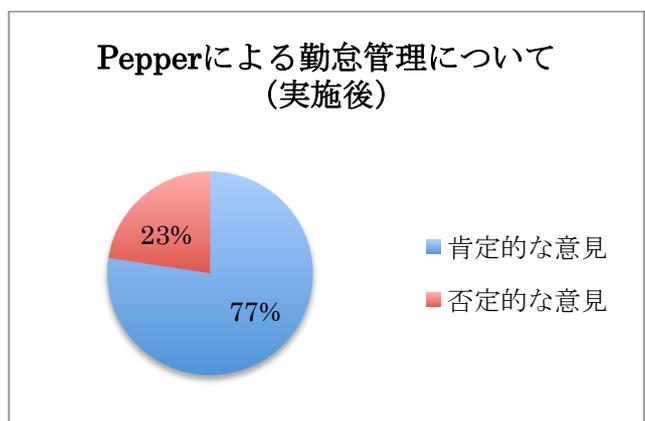


図 9 Pepper による勤怠管理について (実施後)