

プログラマブル・ロボットと AI 機能との連携に関わる研究

森田 光*

Study on Cooperation between Programmable Robots and AI functions

Hikaru MORITA*

1 はじめに

2014年に Pepper が家庭向けロボットとして発表されて以来、急速にロボットに対する注目が集まっている。一方、2016年に AlphaGo が世界的な囲碁棋士を倒して以来、AI の能力が人間を超えたと言われるようになってきている。このため、AI とロボットが結びつければ、途方も無い未来が開けるのではないかと世の中の期待が高まっている。

ロボットと言えば、HONDA の ASHIMO の印象が強いが、注目された SONY の AIBO も含め、先駆け製品はビジネスに至っていない。しかし最近では、ヴィストン（日本のベンチャー）を中心とする Sota と CommU、高橋智隆が関わった Robi (DeAGOS-TINI) と RoBoHoN (SHARP) などが販売実績を伸ばしている。また、フランスのアルデバランロボティクス（2015年にソフトバンクの資本支配下になり、2016年にソフトバンクロボティクスヨーロッパに改名）はコミュニケーション・ロボットの草分けで、なかでも2足歩行に特徴がある NAO ロボット（以下、NAO）がバージョンを重ねている。Pepper は、この NAOqi (NAO の OS) を原型に、画面用の Google Android OS のインターフェースを併せ持つロボットとして開発されている。

これらのコミュニケーション・ロボットは、本格量産に至っていないので、コモディティ化してパソコンやスマホのような製品になるかどうかは、まだはっきりしていない。しかし、2000年以降急速に普及したブロードバンド・ネットワークに結びつき、二足歩行などの物理機能よりも、制御、情報伝達、人とのコミュニケーション重視の傾向により、一般ユーザとの距離を縮めている。

AI は、前述の AlphaGo に限らず、人間並みの能力を2015年前後から一般に認識されるようになり、IoT、特に自動運転のような応用に期待が集まっている。日本では、自動運転と同様の期待から、ロボットにネットワーク経由で AI 技術が付加されることを見込んで、Pepper や RoBoHoN が開発されたと思われる。ところが、米国では、コミュニケーション・ロボットの会話能力だけを取り出したような製品群が2016年より導入されている。Amazon の Alexa が草分けで、Echo を始めとする数種類の製品が米国市場に出ている。装置には、マイクロホンとスピーカーを備え、ネットワークに結びついて、クラウドから音楽再生、ニュース伝達、電子ブック読み聞

かせ、情報検索、通販注文、ピザの注文、配車サービス (Uber) などの AI 機能付サービスを提供する。Apple の Siri と Google の Assistant も同種の技術であり、それらの製品群はコミュニケーション・ロボットの1割以下の価格帯で爆発的な人気を博しつつある。

神奈川大学では、早くからコミュニケーション・ロボットが導入されている。NAO が理学部情報科学科で導入され、工学部情報システム創成学科でも2014年度末に NAO (2台) と Pepper が購入されている。これらのロボットは、ロボットを対象とするプログラミングを体験するプラットフォームとなりえるからだ。

2 研究の目的

重要機器整備費によりロボットの台数を増大させ、以下の3項目の研究を加速することにした。

- 1) ロボットと AI との連携研究：ロボットのコミュニケーション能力と IT 機能との連携を生かす応用研究。
- 2) 教育研究：ロボット・プログラミングを教育対象とする研究。
- 3) 複数ロボットの連動研究：複数台のロボットを連携して動作させる研究。

第1項目は、ディープ・ラーニングによるパターン認識機能をバックヤードに用意し、それとロボットとを連携する研究である。ディープ・ラーニングは AI の主要技術の一つであり、パターン認識は著者が所属する情報セキュリティ研究室のテーマである「個人の同定」や「監視」と関連がある。

第2項目は、ロボットを対象とするプログラミングの教育効果に関する。従来の文字列の出し入れ主体のプログラミング教育に対して、プログラミングの過程でロボットを物理的に動かしたり、喋らせたりする反応で教育を増進する方法や手段を明らかにする。また、複数台の導入により、パーソナルからグループ学習の違いも対応する。

第3項目では、複数台のロボットの連携について研究する。複数台による空間把握と連携動作を研究対象にする。

3 プログラマブル・ロボット環境

当初は手探りであったが、現執筆段階では、量産品の Pepper を対象に技術情報が多数存在する（例えば、^[1,2,3]）。

図1にシステム構成を示す。厳密には2017年度中から販売する Pepper に対応し、これまでの Pepper では、Android は、設定用の Web サーバ機能だけに限定され、ディスプレイと画像カメラ制御

*教授 情報システム創成学科
Professor, Dept. of Information Systems Creation

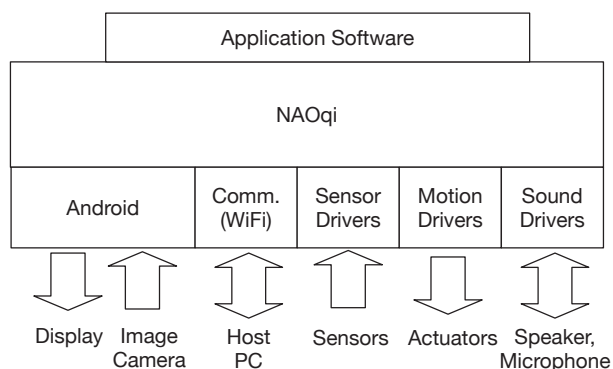


図1. NAO/Pepper のシステム構成

は NAOqi が直接駆動した。また、NAO にはディスプレイ機能がな

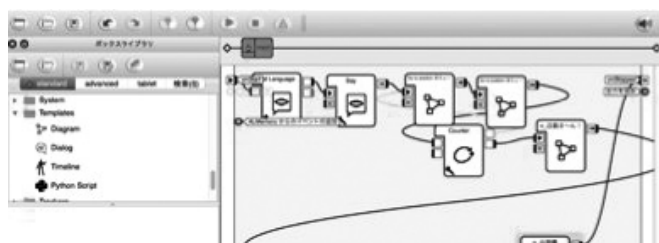


図2. コレグラフ操作画面（一部）

ロボット用のアプリは Win/Mac のパソコン上でコレグラフという専用ソフトでプログラミングされ（図2参照）、完成したアプリは、駆動の度に WiFi 経由で流し込まれて実行される。コレグラフには、あらかじめ積み木に相当するモジュールが多数用意され、ユーザは利用するモジュールを選び出し、それらの入出力を結線させることでプログラムの流れを作る。このプログラミングは MIT の Scratch プロジェクト^[4]のアプローチに類似する。一般の人々に、物語やゲーム、アニメーションを作る環境を提供し、パソコン画面上でモジュールを組み合わせてプログラミングを体験させるからである。

もう一つのインターフェースは、パソコンから WiFi 経由でコマンド列をロボットに送りだし逐一実行する方法である。Python で記述すると親和性が良い。

また、第3の道として用意されているのは、第2のインターフェースで作成した NAOqi が解釈できるコマンド列とそれらをスクリプト的に結びつける Python で記述されたプログラムを一つのコレグラフのモジュールとして登録する方法である。一度モジュールとして登録されれば、駆動は、コレグラフによるインターフェースで実行されることになる。

4 ロボットと AI との連携研究

第一の研究目的に対応する進捗について報告する。

4.1 パターン認識処理

パターン認識にディープラーニングを適用する試みを2015年度末から立ち上げた。256×256画素を入力ファイルとする先行システムが安定して動いていたので、最初の試みとして、比較的高精細なアニメ画像をインターネットから多数収集し、アニメのキャラクター依存の同定を試みた。具体的には、ラブライブの μ' s に属する

9キャラクター^[5]と無作為に選んだ人間の画像を10個目のカテゴリーとし、全9491の画像ファイルを学習させた。



図3. GPU ボード搭載マシン——ディープラーニングのアクセラレーション用——

初期段階では、WinPC である Microsoft の Surface の CPU だけによる学習で24時間要していたものが、GPU ボードを搭載したマシン（図3参照）により約10分まで学習時間を短縮した。なお、学習後のニューラルネットワークの学習結果（ニューラル・ユニット間の係数マトリックス）搭載のマシンでは高速に認証が可能になる。例えば、Apple のノート型パソコン MacBookAir の場合、複数キャラクター掲載の画像ファイルに対し、入っている全キャラクタをほぼ100%の成功率で、1秒以内の所要時間で認識する。

図4. 分類のための9カテゴリー（キャラクター画像は出典^[5]）図5. テスト画像に対する認識結果（キャラクター画像は出典^[5]）

なお作業イメージとしては、図4のようなカテゴリを用意し、指定した枠色に合わせて、図5の顔の枠に同定結果を表示することに相当する。学会発表では、比較評価を共通の土台にするため、犬・猫などのような動物カテゴリ対象の画質の悪い画像ファイルについて評価し、Bot 攻撃に対する CAPTCHA の耐性評価の研究につなげた^[6]。

4.2 ロボットとの連携

ディープラーニングはネットから収集した1万ファイル弱の画像ファイルで学習したものであり、ロボットの目と言えるイメージカメラとの互換性に差異が生じる可能性があった。そこで、ニューラルネットワークの学習結果（ニューラル・ユニット間の係数マトリックス）をネット上の PC 上に用意し、NAO から画像データを収集し、それを対象に「顔」の同定ができるか確認した。すると、多くの場合、図6に示すように正しいキャラクタを出力した。

画像で学習したラブライブの $\mu's$ のキャラクタのフィギュアでは実験しなかったが、比較的類似したもので実験（図7参照）し、同

```

project_nao -- Python say_live.py
faces:0
not find any faces

faces:1
268
height:115width:115

1ninme
NozomiShape score:99.7%
HonokaShape score: 0.2%
NicoShape score: 0.1%
EliShape score: 0.0%
MakiShape score: 0.0%
UmiShape score: 0.0%
RinShape score: 0.0%
UnknownFaceShape score: 0.0%
HanayoShape score: 0.0%
KotoriShape score: 0.0%

```

図6. テスト用フィギュアの認識結果



図7. NAO によるフィギュアの認識

定することができた。また、写真などの平面画像の場合は、100%で成功した。なお、NAO には画面表示機能がないので、同定結果は音声で返した。

5 ロボットを利用する教育研究

小学生相手の子供サマースクール（7月末）に2016年と2017年の2年間協力した。1~2ヶ月の短期間ではあったがその準備のため毎週1限程度、学生（含む院生）6名を作業者として利用することになった。学生自身は少なくともC言語のプログラミング経験を持ち、小学生に1時間程度のロボット・プログラミングさせるには何をどうすべきかという課題に対して、真剣に議論した。

教員側の担当の助教等も指導に加わったが、3節にある3つのプログラミングのアプローチ方法があるなかで、ロボットを学びつつ、体験させる足掛かりをつかんでいった（以下の項目参照）。現段階はノウハウレベルであるが、プログラミングについて、自分よりビギナー相手に教えるという切り口から教育研究につなげつつある。

- ・機能を持つモジュールの組み合わせによるプログラミングは効率の良い学習になる（^[4]と同様のアプローチである。なお、確認したところ、2017年参加の小学生30名中約6名がScratch経験者だった）。
- ・モジュールが多種あれば、どれかを選択するだけであるので、多少複雑な作業でもじっくり集中し高度なことをさせられる。
- ・モジュールの一つに、ロボットにポーズを覚えさせるものがあり、これと発話機能を組み合わせれば比較的複雑な動きを作り出せる。
- ・プログラミングでは、繰り返し（ループ）と分岐を意識させ、ロボット特有の機能としては、並行（並列処理）と合流を意識させることが理解のポイントになる。
- ・C言語よりは簡単であるが、Pythonのプログラミングは初学者には向かない。

6 複数ロボットの連動研究

NAO/Pepperの通常利用では、ロボット1にパソコン1の操り人形の関係になる。しかし、コレグラフでも、Pythonダイレクト駆動でも、一つのパソコンから複数台のロボットを駆動するインターフェースが用意されている。したがって、複数ロボットの連動には、複数のパソコン間連携の並列プログラミングと、並列プログラミングで複数台で何をやらせるか目的をはっきりさせなくてはならない。

監視、入退室管理などで複数連動の研究を立ち上げる予定であったが、準備段階としてロボット機器調達に関連して付録に示すようなトラブルがあり今後の課題とした。

7 まとめ

工学部の重要機器整備費を利用して、ロボットとAIとの連携研究、ロボットを教育に活用する研究、そして複数ロボットを連動させる複数の研究目的で研究を立ち上げた。当該の調達不首尾の影響もあり、まだ1年しか時間をかけていない。幸い2014年度末に、研究室ならびに学科共通予算により先行的にNAOとPepperを導入したので、本報告の初期の立ち上げはできたが、肝心のロボットの台

数を増して行くテーマ本体の研究はカバーしきれていない。

謝辞

本資料作成に際しご協力頂いた大学院 M2 生の坂井麻守君に感謝する。

参考文献

- [1] 村山龍太郎, 矢沢智史, 西村一彦, *Pepper プログラミング ー 基本動作からアプリの企画・演出まで*, SB Creative (2015).
- [2] 下谷幸信, 伊東圭一, *Pepper 最新事例に学ぶロボアプリ開発 「ウェイティングボード」 アプリに学ぶ HTTP・WebSocket を使った外部デバイス連携編, ナレッジオンデマンド (2017).*
- [3] 代田淳平, 鶴口大志, *Pepper 最新事例に学ぶロボアプリ開発 プレゼンアプリ「ペップレ」に学ぶスマートフォン・サーバー連携編, ナレッジオンデマンド (2017).*
- [4] “Scratch”, <https://scratch.mit.edu/>
- [5] “ラブライブ”, <http://www.lovelive-anime.jp/>
- [6] 坂井麻守, 森田光, *Deep Learning の学習曲線を用いた CAPTCHA または画像パスワード認証, 2017 年暗号と情報セキュリティシンポジウム, SCIS2017, 3B4-3 (那覇, 2017.1).*

付録1 調達に関する補足

付録1-1 調達時期

2015 年度の重要機器整備費で、以下とそれに関連するケースなどの周辺機器を購入する予定であった。

- ・ Pepper ; 2 台
- ・ NAO ; 6 台

ところが、Pepper の人気が下がらず、抽選購入しかなかったのがで断念した。また、2014 年は対ドルレート 105 円で推移したので、それを前提に調達計画を行なったが、2015 年は対ドルレート 120 円で推移し、調達時期を年度末まで引き延ばした。NAO はフランスからの輸入品であり、ユーロもドルと同じように推移したためである。

また、2015 年の初頭より既に Pepper と NAO 2 台があったが、まだ技術情報が少なかったため、協力してくれる企業を中心に発注先の検討に時間をかけた。

付録1-2 調達不調

管財課協力の下、2015 年度の 2 月納入（2016 年 2 月）を前提に競争入札を行い、結局、NAO 1 台 90 万円程度で調達を行うことになった。

- ・ Pepper ; 0 台
- ・ NAO ; 6 台

ところが、2 月時点の納入の受入れ検査で、NAO の製品番号（個体番号）について頭部パーツと本体パーツが不揃い（入れ換えていた）ことが発覚し、3 月末までに正常化された。

2016 年 7 月は全機種が正常動作していたが、2017 年 7 月では 2016 年 2 月納入の機種が全て不調となっている。ちなみに、先行した 2015 年 2 月納入分は現在も正常動作するので、2016 納入分は中古の充電機のためと思われる。レンタル・リース品として使い回してきたものが含まれていると思われる。しかし、通常市販品でないのでは

防止が困難である。該当の会社は製品に対する知識がないなど予兆はあったが、本学が調達を価格のファクタだけで決められ、2 月に不首尾があったが、年度末だったので契約解除しにくかったなど悪条件が重なった。