

●特集 2：ロボカップ 2017

アマゾン・ロボティクス・チャレンジ 2017 報告 ～ 3 年間の挑戦で得られたもの～

中京大学 工学部 学部長・機械システム工学科 教授
橋本 学



ロボカップ 2017 名古屋世界大会に併設される形式で、物流用途を想定した本格的な産業用知能ロボットの国際競技大会である「第 3 回 Amazon Robotics Challenge」が開催された。本稿では、この大会の背景と開催経緯および本学のこれまでの参画について概要を紹介する。

近年の急速な電子商取引の高まりを背景に、インターネットを利用した通販の取り扱い量が激増しており、これに伴って物流現場、特に配送センターにおける業務の効率化が重要な課題となっている。ここでは、広大な敷地の中に多数の棚が並び、Picker と呼ばれる作業の方がオーダーされた商品を棚から取り出し、段ボール箱に梱包して発送しているが、これが重労働であることから、業界大手の Amazon.com は、ロボットメーカ Kiva Systems を買収し、「動く棚」を開発し、作業者は定位置に立つたまま、棚のほうから作業者に商品を持ってくるという画期的なシステムを実用化した。

さらなる省人化、将来的には完全な無人化を狙う Amazon は、作業員自体のロボットへの置き換えを目標に、世界中からすぐれた技術を集めるために、2015 年 5 月に、ロボティクス系の著名な国際会議である ICRA(International Conference on Robotics and Automation) の併設イベントとして、第 1 回の Amazon Picking Challenge を米国シアトルで開催した。我々も、得意とする 3 次元物体認識を核とする人工知能技術を武器に、中部大学と三菱電機と共同チーム「C^2M」を結成してこの大会に出場し、商品を棚から取り出す「Pick タスク」部門において、ベルリン工科大やマサチューセッツ工科大などに次いで、世界 6 位となった。

翌 2016 年 6 月には、国際的なロボット競技大会であるロボカップの併催として、第 2 回の Amazon Picking Challenge がドイツ・ライプツィヒで開催され、このときは Pick タスクに加えて、商品を棚に補充する「Stow タスク」が追加された状況下で世界中から約 30 チームが参加して高度なロボット・人工知能技術を競い合った。認識すべき商品が多様になり、画像認識技術、ハンド技術、制御技術すべてにおいて難度が高くなり、我々のチームも新技術として深層学習ベースの対象認識手法や、3 次元ポイントクラウドデータを元にした物体認識、位置姿勢推定技術を新開発して検討したが、デルフト工科大らに後塵を拝し、結果は世界 8 位と前年度より後退してしまった。なお、2015 年と 2016 年の大会では大学側が主導的にチームをリードしたため、本学の人工知能高等研究所における Ai ロボットプロジェクトの助成により側方支援をいただいた。ここに記して改めて謝意を表したい。

過去 2 回の参戦における反省点を踏まえ、今年 2017 年 7 月に、発足以来 20 年ぶりに日本（名古屋）開催となるロボカップ世界大会に併設された第 3 回 Amazon Robotics Challenge（第 3 回大会より名称変更）に 3 度目の挑戦を試みた。チーム名も、3 つの組織の頭文字を残したまま文字の順序を入れ替えて物理学上の有名な法則にあやかって「MC^2」に変更し、メンバーも大幅に増員して、文字通り全員が一丸となって取り組んだ。この大会でも、前回と比べて格段に課題の難度が上がり、たとえば、取り

扱う商品が当日の競技開始 45 分前に公開される（したがって事前の機械学習が難しい）など、人工知能問題としてはかなり現実の産業用システムを強く意識した課題となった。また、過去にはロボットと視覚システムの開発が主であったが、今回は棚に相当するストレージシステム自体を一定の制約下で自由に設計してよいという仕様に変更され、いわば、本物の物流・配送センターにおける最適システムをトータル設計してみよという全体最適に対する要求が突きつけられることになった。課題ひとつひとつに、本システムを将来的に実用化したいとの狙いが透けて見え、この大会を主催する Amazon Robotics 社の技術構想力と課題に対する目利き力の高さがわかる。

当チームは、2 台の産業用ロボット（三菱電機製 MELFA）に、同社の高性能 3 次元センサを搭載し、さらにハンドには吸着ハンドと把持ハンドをハイブリッドしたタイプを新開発し、さらには当然ながら、画像認識アルゴリズムとしても、ほとんどすべてのアルゴリズムを新規に作り直した。2 台のロボットの協調動作についても同社の専門エンジニアが参画することにより、実工場で稼働しているロボットと同様以上の性能を発揮した。また、当日競技直前に配布される新規対象物の種類をセンシングにて正確に同定するための重量計量など、チームの学生たちによる短時間での正確な作業の訓練も実施するなど、まさに総合力としての強さを発揮すべく、本番に臨んだ。

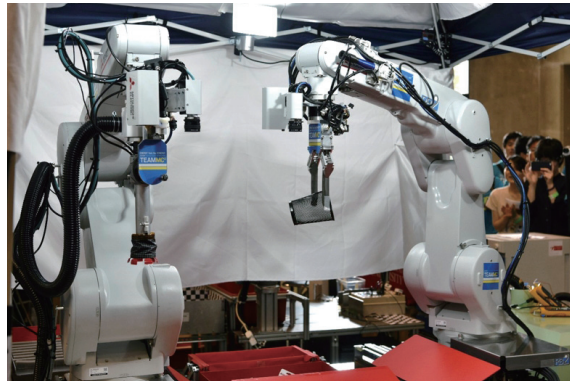
その結果、Stow タスクではほとんどすべてのオーダーアイテムを把持することができ、世界 3 位の高得点を得ることができ、表彰台に上ることができた。最高位ではなかったものの、産学連携の成果として産業用ロボットとしての実用性の高いソリューションを示せたという点から見ても、十分に誇れる結果であろうと考えている。一方、Pick タスクではさまざまなトラブルに見舞われ、日頃の実力が発揮できず、残念ながらこれら 2 種目のトータル得点が芳しくなかったために、Stow と Pick を組み合わせたファイナル戦への出場は叶わなかった。

最終的には、ファイナル戦においては、オーストラリア、シンガポールのチームがそれぞれ、優勝、準優勝したが、いずれのチームも創意と工夫に満ちたみごとなロボットシステムを完成させており、ライバルながらも純粋に敬意を表したくなる、そんなすばらしい技術であった。

以上が、我々の過去 3 年間にわたる戦績である。この挑戦を通して我々が得たものは計り知れず、Amazon およびチームメイトの中部大学殿、三菱電機殿には、心から感謝している。まず、研究面では、我々がこの競技大会のために新たに開発した技術そのものがなんといっても最大の成果である。開発した技術は、各種センサ技術はもとより、Deep Learning や 3 次元認識を代表とするロボット知覚技術、多様な対象物を把持するためのハンド技術、複雑なロボットを巧みに操るための協調制御技術など、どれをとっても最先端の技術ばかりであった。その証拠に、大学院生らが中心となって開発したこれらの技術群は、数々の論文にまとめられ、国際会議等で発表されたり、学会表彰を受けることも少なくなかった。また、この大会で設定される課題が簡単すぎず、難しすぎない、挑戦者にとってきわめて適切な課題であることから、チームとして蓄積されたノウハウなども重要な技術資産であると言える。次に教育面に関しては、やはり実問題に直面し、トライし、改善するという、エンジニアとしてごく当たり前の経験を、大学にいながらにして毎日経験できた学生たちにとっての効果は非常に大きいと思う。特に大手企業の研究部門の先端的研究者、エンジニアの方々との共同作業は、企業の価値観を肌で感じるという意味においても、形に見えない経験値を残せたであろう。また、競技大会当日に世界中から来た自分たちと同じ課題に真剣に取り組んでいる若い学生たちの姿を目の当たりにすることは、当チームの学生たちにとっても自らのポジショニングを自覚していく好機になったはずである。

人工知能・ロボット技術開発に関する我々の挑戦は、今後も続いていく。当研究室としては、Amazon チャレンジもさることながら、現在では、2020 年開催を目指して、我が国主導で準備が進め

られている WRS (World Robot Summit) への新規参画も検討中である。何回かのプレ大会も企画されているが、こちらの本番は東京オリンピックと同じ時期である。そのときには、さらにパワーアップした人工知能搭載ロボットをご紹介することをお約束して、脱稿させていただく。



三菱電機・中部大学と共同開発した Amazon チャレンジに出場した知能ロボット。
2つのロボットが全自動で協調制御され、連携動作を行います。



Amazon Robotics Challenge 2017 に出場した中京大学のメンバー。
Stow タスクで世界 3 位となりました。