

【ロボット・AI 技術分野】

仮訳

あらゆる障害を乗り越える低コストロボット(米国)

カーネギーメロン大学(CMU)とカリフォルニア大学バークレー校(UCB)の研究者らが

ロバストな四足歩行ロボットシステムを開発

Aaron Aupperlee

2022年11月16日

この小型ロボットは、あらゆる場所を歩くことができる。

カーネギーメロン大学(CMU)コンピューターサイエンス(SCS)学部とカリフォルニア大学バークレー校(UCB)の研究者らが新たに設計したロボティックシステムは、低コストで比較的小さな脚のロボットに、ロボット本体とほぼ同じ高さの階段を昇り降りさせたり、岩が多く、滑りやすく、平坦でない、急峻で変化に富んだ地形や物と物の隙間を移動させたり、岩や縁石をよじ登らせたり、暗闇でも作動させたりすることができる。



CMUとUCBが設計したロボティックシステムは、障害物の多い環境に対応する小型で低コストの四足歩行ロボットを実現する

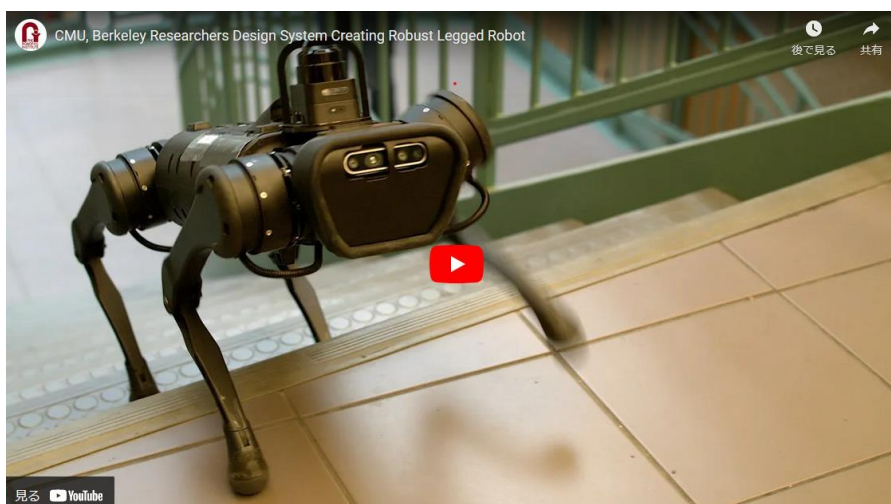
[Robotics Institute](#)の [Deepak Pathak](#) 助教は、「小型ロボットに階段の昇降や様々な環境への対処能力を付与することは、家庭や捜索救助活動に役立つロボットを開発する上で極めて重要です」と話す。「このロボティックシステムは、日常的な様々な作業を実行できる、ロバストで高い適応能力のロボットを実現するものです」。

飛び石や滑りやすい路面での移動や、低身長ロボットにとっては人間にハードルを飛び越えさせるようなタスクである階段の昇り降りの試験を公園の階段や丘の斜面で実施すると、この小型ロボットはそれらの環境に素早く適応し、そのビジョンと搭載した小型コンピューターを駆使して困難な地形での歩行を習得した。

この小型ロボットの約 4,000 台のクローンをシミュレーターで訓練し、複雑な地形での歩行や登はんを演習した。このシミュレーターの速度は、ロボットに僅か 1 日で 6 年間の経験を積ませる。また、ニューラルネットワークによる訓練中にロボットが学習してシミュレーターに蓄積した運動スキルを実際のロボットにコピーするアプローチのため、従来の方法の手作業によるロボットの挙動の操作が不要となる。

ロボティックシステムの多くでは、カメラを使用して周囲の環境のマップを作成(マッピング)し、そのマップを使用して動作を計画(プランニング)してから実行する。このプロセスは遅く、マッピング段階でのもともとの曖昧さ、不正確さ、または誤った認識によって頻繁に失速し、その後の計画と動作に影響することがある。マッピングとプランニングは高度な制御を対象としたシステムでは有用だが、複雑な地形を歩いたり走ったりするような低レベルスキルの動作要件には必ずしも適していない。

小型四足歩行ロボットの Youtube ビデオ(画像を Ctrl+クリックで動画を見る)



この新しいロボティックシステムは、マッピングとプランニングのステップを省略し、ビジョン入力をロボットの制御に直接利用する。そのため、ロボット(のカメラ)が見るものが、ロボットの動き方を決定する。研究者による動き方の指定もない。この技術によりロボットは目の前の地形に素早く対応し、効果的に移動できるようになる。

マッピングやプランニングが不要で機械学習(ML)を通じて動作を訓練するため、ロボット本体のコストが低く抑えられる。研究チームが使用したロボットは、現在入手可能な別製品の価格の少なくとも 1/25 であった。この技術のアルゴリズムにより、低コストのロボットをより広く利用できるようになる可能性が期待できる。

CMU の School of Computer System (SCS) の [機械学習科](#) の博士課程に在籍する Ananye Agarwal 氏は、「このロボティックシステムは、ロボット本体から得た視覚情報とフィードバックをインプットとして直接利用し、ロボットのモーターに命令をアウトプットします」と説明する。「この技術は、現実世界で非常にロバストなシステムを実現します。ロボットは階段で滑っても復帰し、未知の環境に遭遇しても適応できるようになるのです」。

この直接的なビジョン制御の側面は、生物に着想したものである。人間や動物は、動く時にその視覚情報を利用する。目を閉じたまま走ったり、バランスをとってみたりすれば明らかだろう。同チームの過去の研究では、カメラを持たず視覚情報が得られないロボットでも複雑な地形を移動できることを実証しているが、本研究では視覚情報を追加し、その情報を活用することでシステムを飛躍的に改善した。

このロボティックシステムの別の要素もまた、自然からヒントを得ている。身長が 1 フィート(約 30cm)にも満たない小型ロボットは、それに近い高さの階段や障害物をよじ登るのに、背の高い障害物を踏み越える時の人間の動きを学習する。人間が障害物等をよじ登るために脚を高く上げる場合、腰を使って脚を外側に開き(外転/内転運動と呼ばれる)、より広い間隔を確保する。Pathak 氏のチームが設計したロボティックシステムも同様に、現在市場にある最先端の歩行ロボットシステムがつかずく障害物について、腰の外転運動を利用して対処している。

四脚動物による後ろ脚の動きからもヒントを得ている。猫が障害物の中を移動するとき、目で確認しなくともその後ろ脚は前脚と同じものを避けている。「四脚動物には、後ろ脚による前脚の追跡を可能にするメモリが備わっています。私たちのロボティックシステムも同じように機能しています」と Pathak 氏は説明する。このシステムに搭載されたオンボードメモリにより、ロボットの後脚が前方のカメラが見たものを記憶し、障害物を回避している。

「マッピングもプランニングもないため、私たちのシステムは地形とロボットの前脚の動き記憶し、これをその後ろ脚に転送して素早く完璧に実行します」と UCB の博士課程の学生である Ashish Kumar 氏は説明する。

この研究成果は、歩行ロボットの直面する既存の課題を解決し、家庭に導入するための大きな一歩になるかもしれない。Pathak 氏、パークレー大学の Jitendra Malik 教授、Agarwal 氏、Kumar 氏による論文“Legged Locomotion in Challenging Terrains Using Egocentric Vision” は、ニュージーランドのオークランドで開催される

[Conference on Robot Learning](#) にて発表予定である。

本研究の詳細はこちらまで：

Aaron Aupperlee | 412-268-9068 | aaupperlee@cmu.edu

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、米国・カーネギーメロン大学(CMU)の以下の記事を翻訳したものである。“A Low-Cost Robot Ready for Any Obstacle”

(<https://www.scs.cmu.edu/news/2022/visual-locomotion>)

(Reprinted with permission of CMU)