

東洋大学が進める“次なる研究”

TOYO NEXT RESEARCH

人の生活に寄り添い、
活動を支える技術を生み出す

進行方向へ前進する流れのまま スムーズに段差を上る 移動体用車輪装置 (段差乗越えキャスター)



理工学部 機械工学科
横田 祥 准教授

Profile

2001年、法政大学工学部電気電子工学科卒業。その後、法政大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程・博士後期課程修了。2008年、フランス・ヴェルサイユ大学博士課程ロボティクス専攻修了。2006年～2009年3月まで、東京工科大学バイオニクス学部(2008年4月からコンピュータサイエンス学部兼任)助手・助教。2014年3月まで、摂南大学理工学部機械工学科講師を経て、2014年4月より現職。

その時代を生きる「人」に役立つ開発を

私が学生の頃は、不整地自律移動ロボットの研究を行っていました。不整地自律移動ロボットとは、平坦でない道でも自律的に地形に合わせて進むことができるロボットのことで、学位を取得したのち、性能を追求したロボット開発で終わるのではなく、人の活動を支援するためのロボット技術の研究へとシフトしました。人や社会は時代の流れとともに変化し続け、20年後、30年後には、いま想像もしていないような問題が生まれるでしょう。ロボット開発だけに注力するのではなく、絶えず変化する人・社会に寄り添う研究開発をした方が、多様な課題を見つけられることができ、研究として面白い。そう考えたことが研究の方向性を変えた理由です。

人の活動を支えるロボットの研究をする中で、いくつか車いすを使った研究に取り組みました。例えば、セグウェイのように体の動きに合わせて車いすを操作できるような仕組みを考えたことも。車いすを便利に、より快適に使用するためのさまざまなアイデアの検討を通して、車いすユーザーにとって最大のネックとなっている「段差」に着目。この段差乗り越えの問題をどうにか解決したいと思い、今回の段差乗越えキャスターの研究に行きついたのです。



4cmの段差を乗り越える様子。4cmという高さは、一般的なキャスター(6インチ)ではほぼ乗り越え不可能な高さ。

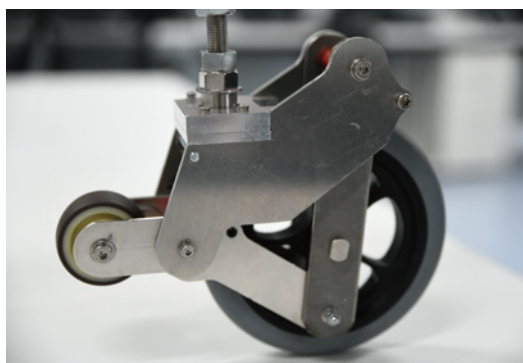
シンプルなメカニズムだからこそ、広く人の役に立つ

段差乗越えキャスターのメカニズムはいたってシンプル。キャスターの主車輪が段差に当たると発生する横方向の衝撃力(反力)を、前方の副車輪が地面を下方に押し付ける力(踏力)に変換し、それによって主車輪が持ち上がり段差を乗り越えられるというものです(裏面参照)。機械工学の一分野である機構学で古くから知られている、4節リンク機構(両てこ機構)を応用した、電源を一切必要としないメカニズムです。すでに販売されている類似のキャスターとは採用しているリンク機構が異なっており、こちらのキャスターの方が、段差乗り越え時に車いすユーザーが必要とする力を約6割削減することができます。

現在は6インチの車輪を使って研究しており、4cmまでの段差を乗り越えることができます。車いすは主に6インチと8インチの前輪が使われているた

め、今後は8インチでも実験を進める予定です。この機構で大切なのは、関節の関節の位置とリンクの長さの比率。タイヤが大きくなって、その比率を守っていれば同じように機能することが期待でき、タイヤの大きさが大きいほど、より高い段差を乗り越えられると考えられます。

また、キャスターの交換については、スパナ1本で簡単に行うことが可能。車いす本体に一切の加工を必要としないことも、大きな特長です。さらに、電源を必要としないため、どこでも、誰にでも使えることから、将来的には車いすに限らず、キャスターが使われているさまざまな製品にも応用できるでしょう。ベビーカーやボックスパレット、台車、スーツケースなどに応用すれば、多くの人々の活動を支援することにつながることを期待できます。



(左) 開発したキャスターを手に説明する横田准教授。

(右) 開発した段差乗越えキャスター。現在は、6インチの車輪で4cmまでの段差に対応可能。類似の段差対応型キャスターと比較し、約4割の力で段差を乗り越えられる。車輪径やリンクの長を変更することで、さまざまな製品に展開することもできる。

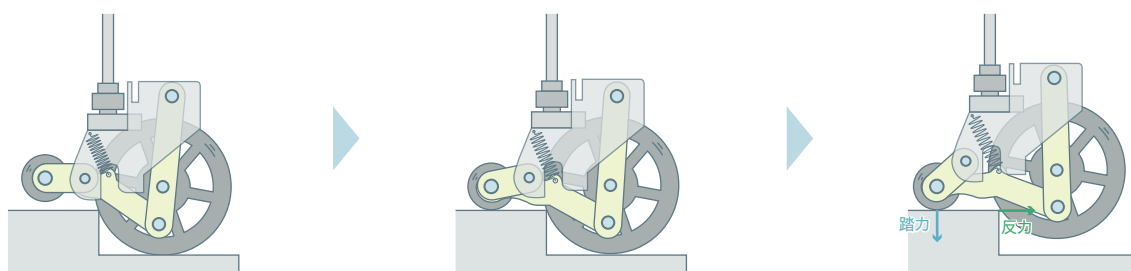
思い切ってアプローチを変えたことが、問題解決の糸口に

とてもシンプルなメカニズムを採用している段差乗り越えキャスターですが、研究を始めてすぐにこの考えに行きついたわけではありません。

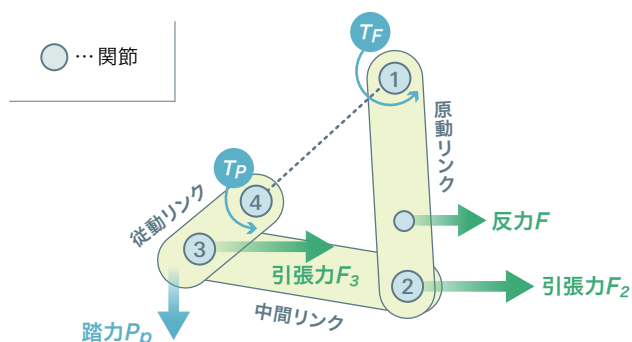
まずは、斜め方向から段差を乗り越える際にキャスターが首振りをしてしまい、余計に車輪を回す力が必要になるという課題に着目。キャスターに電池を組み込み首振りをロックすることで解決を図ったり、さらに発展させてロックする仕組みのセンサー部分を改良した試作品で検証したりしました。首振りのロックによって、確かに段差を上りやすくなりましたが、この2つの試作ではどちらも段差を乗り越える前に一度停止し、段差を上るための体勢を整える必要があるという問題点がありました。斜め方向から乗り上げるときも含め、正面から段差を乗り越えるときでも一旦停止しなければ

ならないようでは、ユーザーにとって使いやすいとは言えないでしょう。そこで、首振りのロックという考えを一度捨て、前進しているそのままの流れでスムーズに段差が乗り越えられるようにすることに重点を置きました。そうしてたどり着いたのが、力の変換を利用したメカニズムです。結果として、主車輪と副車輪との2点接地により首振りが抑制され、斜めからの乗り越えも実現。また、副車輪が回ることで、踏力がかかった際にぐっと前に進むアシストとして機能し、より段差を楽に乗り越えられることにもつながっています。一度検討したアプローチの方向性をがらりと変えて全く別のアプローチで挑戦したことは、この研究開発の中で一番難しく、かつ最も面白かった部分でした。

本発明の段差乗り越えの様子



本発明の踏力発生メカニズム



- ① 主車輪が段差に衝突し、横方向の力(反力) F が発生
- ② その反力 F により、原動リンクの根本(関節1)周りに、半時計回りの力のモーメント T_F (トルク) が発生
- ③ そのトルク T_F が、原動リンクの先端の関節2で右向きに力 F_2 として出現
- ④ F_2 が、中間リンクを右に引っ張り、従動リンクの関節3に力 F_3 を右向きに加える
- ⑤ F_3 が、関節4周りの反時計回りの力のモーメント(トルク) T_P を生じさせる
- ⑥ トルク T_P が、従動リンク先端に取り付けられた副車輪の外周部分において、床面上部を踏みつける踏力 P_p として発揮される

人が使うモノだからこそ、数値だけでなくユーザーの感想に耳を傾ける

段差乗り越えキャスター開発の理想形は、全くメカニズムのことを知らない人が「簡単に乗り越えられた」と実感できること。メカニズムを知っていると、「こういった原理でこのように動くから、このように力を加えれば良いだろう」と考えてしまうでしょう。そうした先入観なしに、ただ自然に車いすで前進している延長線上で段差を乗り越えるという体験を提供することが目標です。新型コロナウイルスの影響で、研究成果を発表する展示会もオンラインでの開催予定ですが、できれば試乗の機会を設け、ユーザーの方からフィードバックをいただきさらなる改良につなげていきたいです。数値での検証などももちろん重要ですが、人が使用するものである以上、体感として使いやすさがとても重要。人々の声に耳を傾け、より良い技術の開発に挑戦していきます。また、段差乗り越えキャスターの技術を発展させて、さらに人々の暮らしに役立つものの研究開発も準備を進めていますので、ぜひ期待して

いてください。

今後も、「未来の発展のための研究」と、段差乗り越えキャスターのような「現実の社会で求められている研究」の両輪で人々の活動を支える研究を続けます。大切なのは、できるだけ簡単で、誰にでも使えるメカニズムを採用したモノをつくること。多額の研究費を投資し、高機能なセンサや部品を使えば、問題を解決し、便利にできることもあります。しかし、実際に多くの人の暮らしに役立つのは、電源が不要だったり、メンテナンスや維持が容易であったり、直感的に快適に使えるモノであると思います。機械が100%アシストしなくても、20~30%程度アシストしてくれて手軽に使用できるものが求められる場面もあるでしょう。今の社会を注視し、課題や需要に沿ったロボット技術の研究にこれからも尽力します。



東洋大学

お問い合わせ先

学校法人東洋大学 産官学連携推進センター

TEL: 03-3945-7564

URL <https://www.toyo.ac.jp/research/industry-government/ciit/>



特願2021-064590

「移動体用車輪装置」