



Honda Robotics

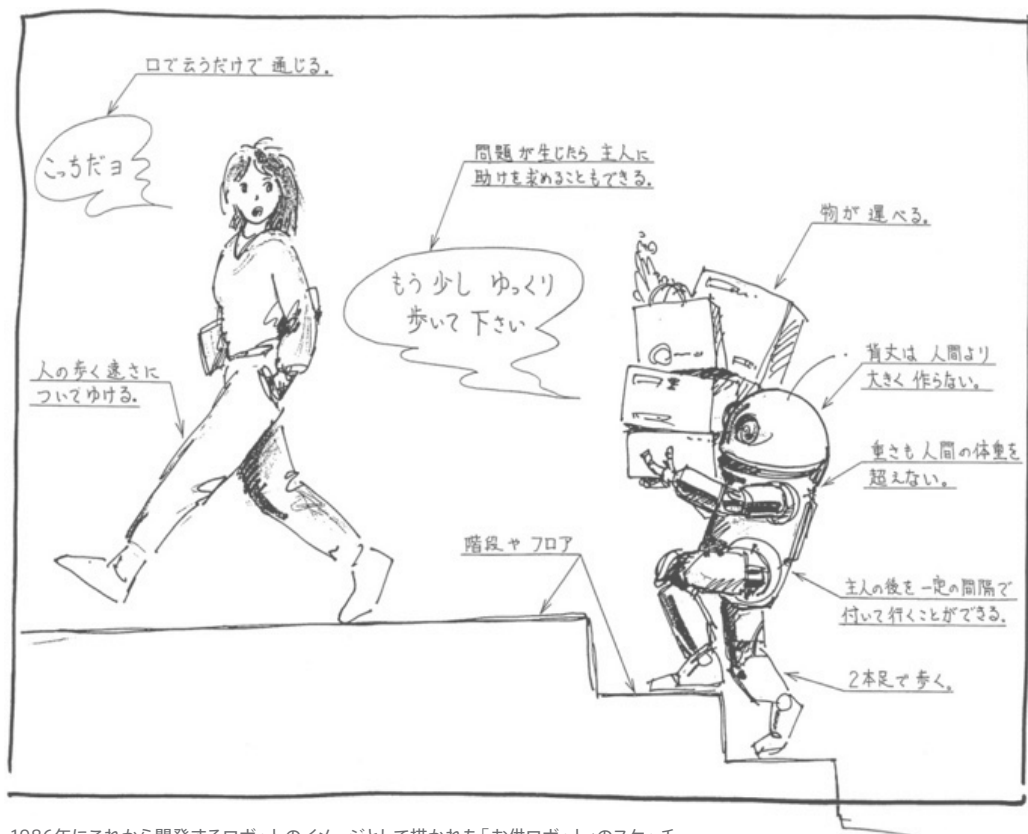
Press Information 2022.03.03

「技術は人のために」

これは創業以来変わらないHondaの研究開発への思いです。

人と共存・協調し、生活の中で人のために役に立つロボットを目指し

1986年から研究開発を行ってきました。その進化の過程でのさまざまな技術と知見の蓄積を経て、いまHondaは、次のロボティクス開発のステップへと進みます。



1986年にこれから開発するロボットのイメージとして描かれた「お供ロボット」のスケッチ。当時から主役は人であり、ロボットは生活空間で人をサポートする存在と位置付けていました。

Honda Robotics Press Information

1 Honda Roboticsの歴史

- 1. 人の生活空間で役に立つために 2
~2足歩行の人間型ロボットの研究~
- 2. ASIMOの誕生と進化 4
- 3. ASIMOを通して学んだこと 5

2 世の中に早く価値を提供するために 次のステップへ

3 これからのHonda Roboticsが目指す姿 ~人の役に立つために~

- Hondaアバターロボット 8
- 1. アバターロボットのユースケース 9
- 2. アバターロボットの技術 10

1 Honda Roboticsの歴史

1. 人の生活空間で役に立つために ～2足歩行の人間型ロボットの研究～

Hondaは2輪車、4輪車、パワープロダクツに続く新たなモビリティへのチャレンジとして、1986年に航空機、自動運転、そしてロボットの研究をスタートさせました。研究はまず、人間社会で役立つことができるロボットのあるべき姿を模索することから始まりました。

その結果、ロボットの機能としては、屋内で限られた空間の中を歩き来ることや、階段の昇り降りなどの動作が必要であり、それには人と同じ2足歩行が適しているとの結論に至りました。

ロボットの移動手段として2足歩行技術が確立できれば、荒地などを含め地上環境の多くが移動可能になると考えました。

こうして、当時は困難であると言われていた「自律2足歩行ロボット*」という高い目標に向けて開発をスタート。革新的な技術を積み上げ、1996年には世界初の自立2足歩行ロボットP2を発表しました。

※自律2足歩行ロボット＝周囲の状況に合わせて自ら行動する判断能力を備えた2足歩行ロボット

なぜ ロボットが モビリティなのか?

Hondaは、陸上を走る乗り物を2次元モビリティ、空を飛ぶ乗り物を3次元モビリティ、そして自分と別の場所で同時に作業できるロボットを時空を飛び越える存在として4次元のモビリティと定義しています。

1986年

人をモデルに ロボット開発がスタート

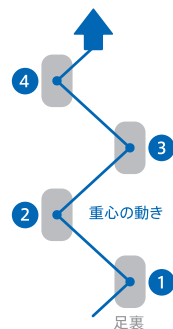
2足歩行の原理究明に向けて、まずは2本足で歩かせることにチャレンジ。2足歩行研究用に作った初のロボットE0では、足を交互に出して歩くことに成功。しかし、まだ一歩におよそ15秒もかかり、直線での「静歩行」による移動でした。



E0

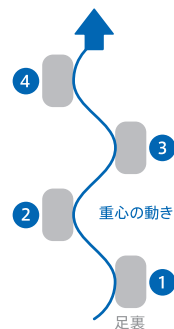
静歩行

常に身体の重心が足裏の範囲に入るように歩く。



動歩行

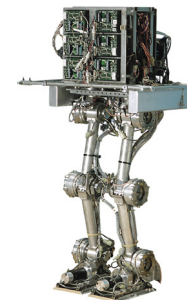
身体の勢いを使ってスムーズに歩くため、重心が足裏に常にあるとは限らない。



1987-1991年

人と同じような 「動歩行」の技術を確立

「動歩行」を実現するために、徹底的に人の歩行を研究・解析。人の歩行だけでなく、動物の歩行を含めて、あらゆる歩行の観察研究を行い、2足歩行に必要な関節の配置や動きを調べました。そして、E2で初めて、時速1.2kmの「動歩行」に成功しました。



E1



E2

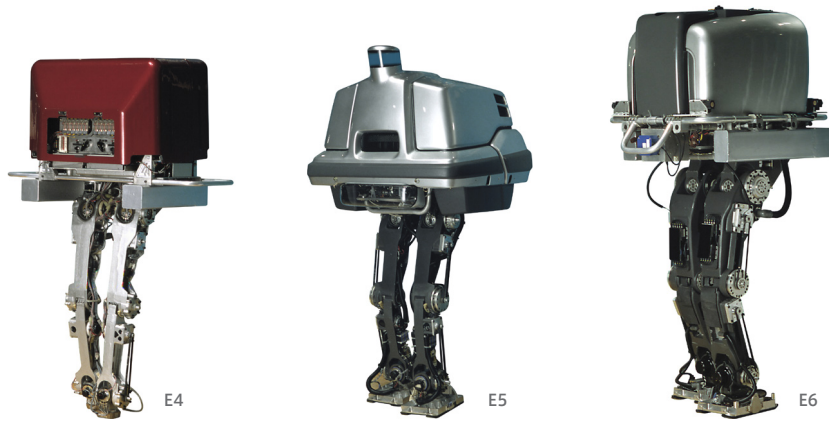


E3

1991-1993年

2足歩行を実現する 歩行安定化技術を確立

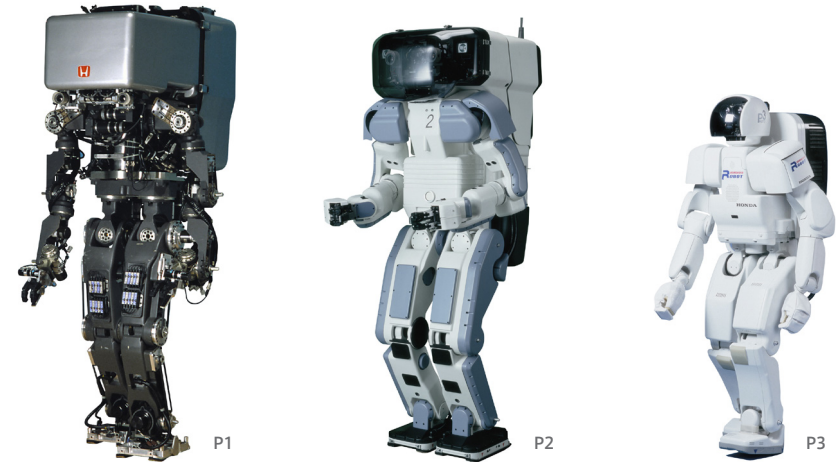
歩行安定化技術の研究に取り組み、3つの姿勢制御技術を開発。
2足歩行の基本機能を完成させました。



1993-1997年

脚部と上体を組み合わせた 人間型ロボットへの進化

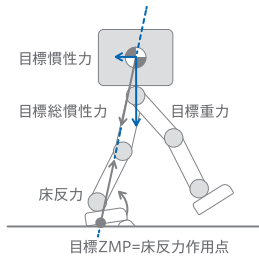
人の生活環境や社会における人間型ロボットのあり方を検討し
人に近いサイズのプロトタイプモデルが完成しました。



歩行安定化を実現した3つの姿勢制御

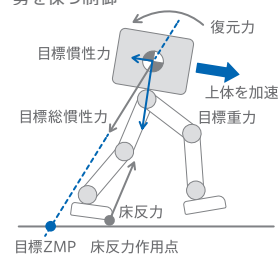
1 床反力制御

床の凹凸を吸収しながら足裏で踏ん張る制御



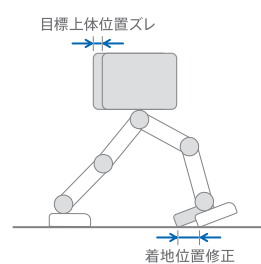
2 目標ZMP[※]制御

足裏で踏ん張りきれないときに上体を倒れそうな向きに加速させ姿勢を保つ制御



3 着地位置制御

目標ZMP制御によって生じた上体のズレを歩幅によって調整する制御



※ZMP=Zero Moment Point:2足歩行の運動で、ロボットにかかる地球からの「重力」と、歩行の加減速による「慣性力」の合力がゼロになる地上の点

人間型ロボットの研究

1 基本構成

移動は2足歩行機構

+

作業は2腕機構

人と協調して作業を行ったり、人間がロボットを操作するときのやりとりを容易にするため、腕については2腕とすべきと考えました。

2 基本機能

目標点移動

指定された目標点までの最短歩数移動方法を割り出し、ジャイロを用いた慣性航法によりズレを修正しながら移動する機能

階段昇降

階段の連続的な昇降機能

台車押し

台車の動きが抑圧されると歩幅を小さくする機能

ドア通過

ドアを押しながら(引きながら)ドアを通過する機能

物の運搬

腕1本あたり2kgまでの物を持ちながら歩行する機能

遠隔操縦による作業

マスターアームを用いて反力を感じながらボルト締めなどの作業を行う機能

2. ASIMOの誕生と進化

Hondaは、実際に人の生活空間で作業することと親しみやすさを両立できるサイズとしながら、人の歩き方にさらに近づいた自然でスムーズな歩行を実現した、新しい人間型ロボットASIMOを2000年に発表しました。

その後、HondaはASIMOの開発を続け、まず人の生活空間で活動するための運動能力の向上に取り組みました。そして次のステップとして人とのコミュニケーションやインタラクション機

能の向上、また手を使った作業能力の向上に取り組みました。具体的には、2002年に音声認識・画像認識などの知能化技術を搭載。2005年には人に合わせた行動機能の強化や、運搬機能などを追加するとともに、走ることができるようになりました。2007年には複数のASIMOが同時に連携してサービスを提供できるようになり、2011年には人の動きに合わせた対応や、手指を使った作業が可能になるとともに、走行スピードを時速

9km/hまで伸ばし、ケンケンでジャンプするなど身体機能も強化されました。2013年には目標としていたリスク回避機能を実現するなど、継続してASIMOの運動能力を高めていきました。しかし、Hondaが目指しているのは、「生活の中で人の役に立つロボットを作ること」という原点に立ち返り、さらに速く走ったり、よりダイナミックな運動を行うなどの運動能力の向上を目指さないことにしました。

2000年 ASIMO誕生

ASIMOは、近い将来、実際に人の生活空間で活動することを想定して研究・開発を行い、人の生活空間での自由自在な移動、作業しやすいサイズや重量、簡単な操作性を実現しました。また、より身近に感じていただけるデザインとしました。

ASIMOとは

「Advanced Step In Innovative Mobility」の略称。これは、新しい時代へ進化した革新的モビリティを意味します。

ASIMOの特徴

小型・軽量化

簡単な操作性

親しみやすいデザイン

より進化した歩行

動作範囲を広げた腕



2002年 知能化技術を搭載

音声認識

画像認識



2005年 人に合わせた 行動などが可能に

時速6km走行

デリバリー



2007年 複数のASIMOが連携して サービスを提供

受付/案内

複数体連携



2011年 ※ 世界初の自律行動 制御技術を搭載

自律行動制御

時速9km走行



※Honda調べ(2011年11月8日時点)

3. ASIMOを通して学んだこと

“ロボットのいる生活”を提示したASIMO

ASIMOの開発を通して、人の生活空間で活動するために求められる運動能力実現の見通しが立ち、人の機能を工学的に再現することができるようになりました。

特に、人とすれ違ったり、ぶつかっても倒れないなどの「人と同じ空間で移動する」機能、「手を使って作業する」機能、人の発話内容を理解したり、人の意図をくみ取って動きを制御するなどの「人とのインタラクション」機能を実現することができました。

そして、人の生活空間で活動するASIMOを見ていただくことにより、たくさんの人にロボットのいる未来を思い描き、想像の翼を広げていただけたのではないのでしょうか。

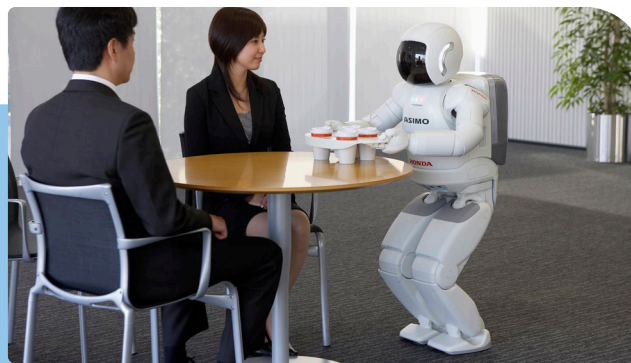
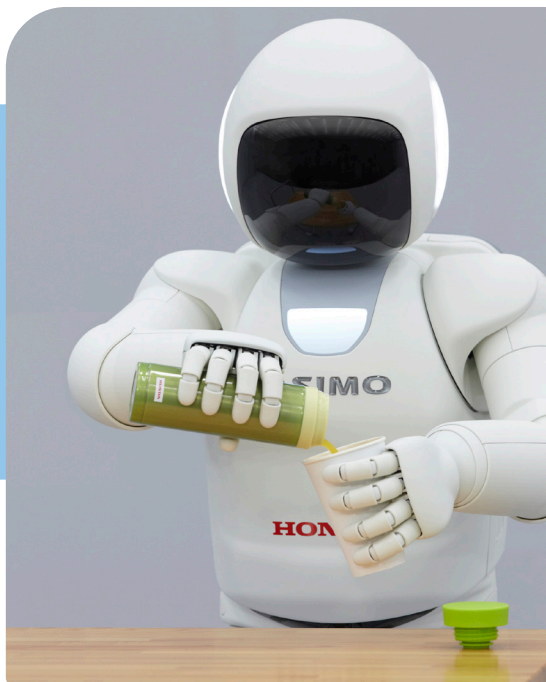
総歩数3,326万歩からわかった課題

ASIMOは誕生から20年以上、日々デモンストレーションを行っており、現在の全機体合計の総歩数は3,326万歩以上、総歩行距離は7,907kmにのぼります。こうして実績を積み重ねたからこそさまざまなことがわかりました。

Hondaは、人の生活空間の中でロボットを活動させるために安全を担保する取り組み、人とぶつかった際に衝撃をいなくす技術の開発も行ってきました。「しかし、それでも万が一ロボットが転倒した場所に子どもがいたら？」現実の生活空間にロボットを存在させるためには、多くのことを想定し、さらに安全を意識しなければならぬことが研究を通してわかってきました。

完全自律型の2足歩行ロボットの実現には長期的な研究や法整備も必要

また、生活空間の複雑さをロボット自身で理解・判断して行動する自律化に大きな課題があることにもあらためて気づきました。2足歩行の人間型ロボットを25年以上にわたって研究開発してきた結果、人の生活空間で活動でき、なおかつ転倒時の安全を担保した完全自律型の2足歩行ロボットを実現するには、今後ある程度長期にわたる研究開発だけでなく、ロボットとともに生活する社会的なコンセンサスや法整備なども必要だとわかりました。このようにHondaは、人の生活する環境の中でロボットが動き続けるためにはどうすれば良いかを考え続け、ASIMOを通してノウハウを得てきました。



2足歩行以外の移動方法も研究

完全自律型の2足歩行ロボットの実現には長期的な研究が必要なことがわかったため、別の移動方法の研究もしてきました。例えば成田空港で実証を行っていたガイドロボットは、ボールや車輪で移動しており、万が一子どもとぶつかった場合の衝突試験も行っています。

2

世の中に早く価値を提供するために 次のステップへ

人の役に立つロボットを より早く世に出すために

Honda Roboticsが目指すのは、「生活の中で人の役に立つ」ことです。人の生活空間で活動し続ける2足歩行の人間型ロボットの実用化には長い時間がかかることがわかりましたが、人の役に立つロボットを“より早く”世に出し、“より早く”価値を提供していきたい、というのが研究開発チームの思いでした。

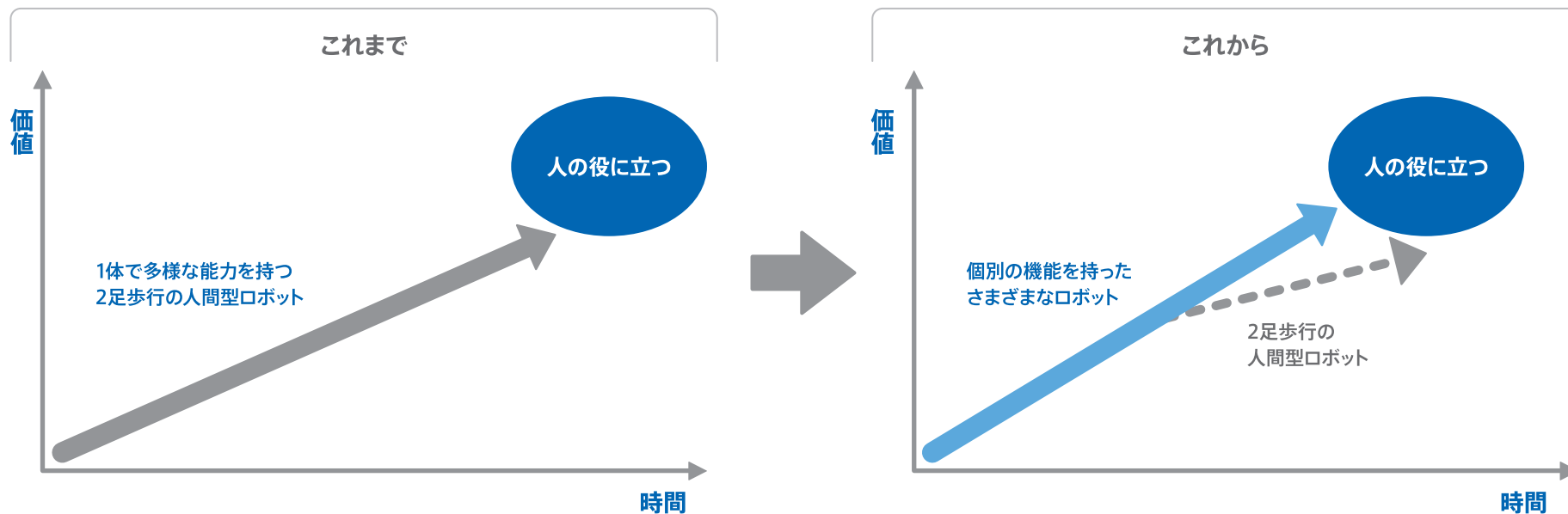
そこで、あらためて原点に立ち戻り、ロボティクス技術で「人の役に立つこと」を最優先に検討した結果、目指す姿へのアプローチを進化させることにしました。

**“多様な能力を持った1体の2足歩行ロボット”から
“個別の機能を持ったさまざまなロボット”へ**

今後は、多様な能力を持つ2足歩行の人間型ロボット1体ですべてをサポートすることにこだわらず、役に立つ目的を絞り込み、

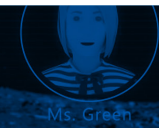
個別の機能を持ったさまざまなロボットで、時と場合に応じて人の役に立つという、次の一步を踏み出します。

これまでASIMOで培った、人の生活する環境の中で動くためにはどうあるべきかの技術をベースとして、絞り込んだ個別の機能を持つロボットを開発し、そこに新しい技術を加えて機能や能力を進化させ、世の中にいち早く価値を提供していきます。



3

これからのHonda Roboticsが目指す姿 ～人の役に立つために～



Ms. Green



Emma

これからのHonda Roboticsは、個別の機能を持ったさまざまなロボットで人の生活をサポートすることを目指します。しかし、そこにおいても、あくまでも主役は人です。一人ひとりの生活者に寄り添い、役に立つことで人の可能性を上げ、充実した暮らし、そして人生を送ることができるように、ロボティクス技術で

サポートするという目指す姿は変わりません。

これまでASIMOに集約して研究してきたことを、これからは個別の機能を持ったさまざまなロボットとして研究・開発することで、より早く具現化し、世の中に価値を提供していきます。

この考えに基づき、Honda Roboticsが今後取り組む研究開発

のスコープは2つです。1つは「時間価値の最大化」。2つめが「身体機能の拡張」です。

現在、この2つのスコープで取り組んでいる研究の一例として、Hondaアバターロボットをご紹介します。

時間価値の最大化

時間と距離の超越 | 自動化

<提供価値>

- 持てる能力を、いつでもどこでも発揮することができる
- 人が人らしく生き、創造性を発揮するための自由時間を生み出す

ロボット開発
2つのスコープ

身体機能の拡張

<提供価値>

- 生身の人が活動できない環境(宇宙や危険な場所)でも活動できる
- 元々持つ身体機能を拡張し、生身ではできなかったこともできる

Hondaアバターロボット

時間と距離を超越し 自己を拡張する

Hondaアバターロボットは「時間・場所・能力の制約に縛られず、自己を拡張する」ためのロボットです。遠隔地に置いてあるアバターロボットを起動し、自分の分身のように動かすことができれば、そこまでの移動時間が不要になります。行先が地球の裏側だったとしても、移動時間はゼロ。実質的に距離がゼロになるのです。

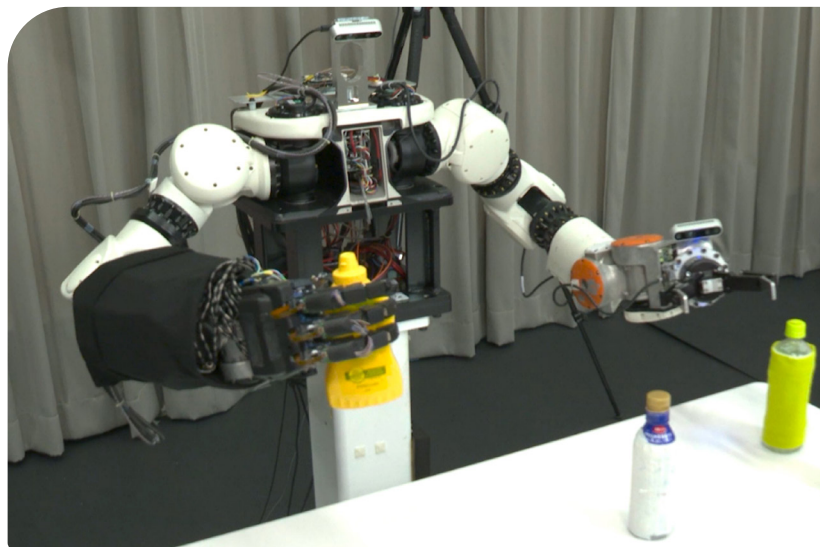
自分のプライベートな時間を犠牲にすることなく、人が人らしく生き、創造性を発揮するための自由時間を確保しながら、どこでも能力を発揮することができるようになります。これが、スコープの「時間価値の最大化」を実現するロボットの能力です。

空間や能力の制約を超えて 身体機能を拡張する

また、アバターロボットを使うことで、人が生身では活動できな

い空間、たとえば宇宙や、危険な災害現場などでも活動することができるようになります。さらに、生身の人の力では動かせないものを動かすこともできるようになります。これが、スコープの「身体機能の拡張」を実現するロボットとなります。

この2つのスコープに則った能力により、Hondaは人が生活する環境に溶け込み、人とともに働けるロボットにすることを目指しています。



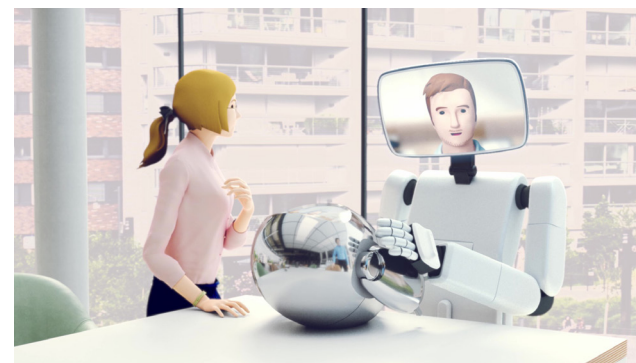
1. アバターロボットのユースケース

リモートワーク

時間と距離の制約を受けず、能力を最大限発揮

仕事では、現場に行き、現実を見て、現物に触れることが大切です。そのために人は出社したり、出張したりします。ただし、そこにつきものなのが「移動時間」。距離が遠ければ遠いほど、移動に時間がかかります。家族のケアやプライベートの予定にしわ寄せが来ることも多く、場合によっては移動時間が

取れないため、仕事をあきらめざるを得ないこともあります。人に、持てる能力の発揮をあきらめて欲しくない。アバターロボットを使って距離を飛び越え、まるで現場にいるように仕事に参加できれば、移動時間をゼロにすることも可能となり、プライベートと仕事の両立を実現できると考えています。



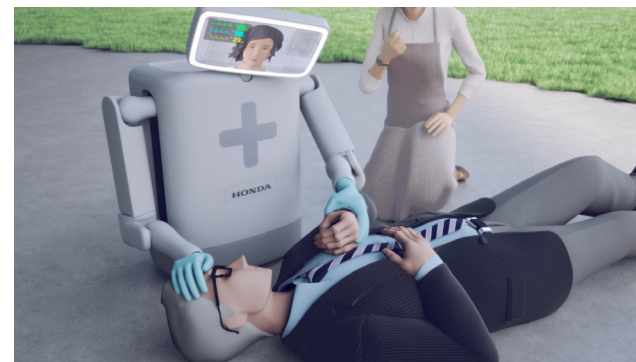
遠隔地からオフィスに“出社”し、スタッフと一緒にその場にいるのと同様に現物を確認

救急救命

いつでもどこでも、専門技能を発揮

もしも路上で人が急に倒れたら？救急車が来るまでの間に応急手当ができれば、命を助けることや、後遺症を防ぐことができる場合があります。近くにアバターロボットが設置されていれば、医療従

事者がアバターロボットを使って即座に医療を提供したり、救急隊への引継ぎができ、救命に貢献できるとともに安心感も提供できると考えています。



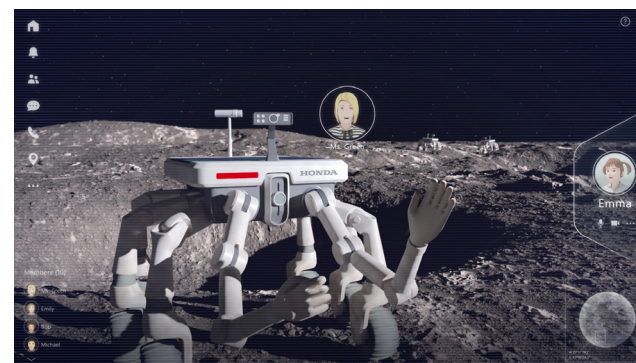
救急車の到着を待つことなく、遠隔地から救急現場に“急行”し、医師が正しい救命対応を実施

月面作業

環境の制約を受けず活動でき、人の活動領域を拡大

2000年代に入り、宇宙探査は活気を帯びてきています。2030年代の月探査実現を目指した研究が進んでおり、その先には火星探査も視野に入られています。そうした宇宙開発が盛んになる時代になると、人が滞在できる環境を整えるために、

宇宙での建設やメンテナンスの作業が必要になります。月面にあるアバターロボットを使えば、人は真空・極低温環境に行かずとも、地上の安全な場所から作業を行うことができ、人の活動領域を宇宙へ拡大することに貢献できると考えています。



ロケットに乗って出かけることなく、月面の現場に“降り立ち”、作業を実施

各写真はイメージです。

2. アバターロボットの技術

IoTやネットワークの進化により、遠隔でロボットを「移動すること」、ロボットで「見ること」が可能になった現在、「時間・場所・能力の制約に縛られず、自己を拡張する」アバターロボット実現に向けた最後のピースは、あたかもその場にいるかのよう

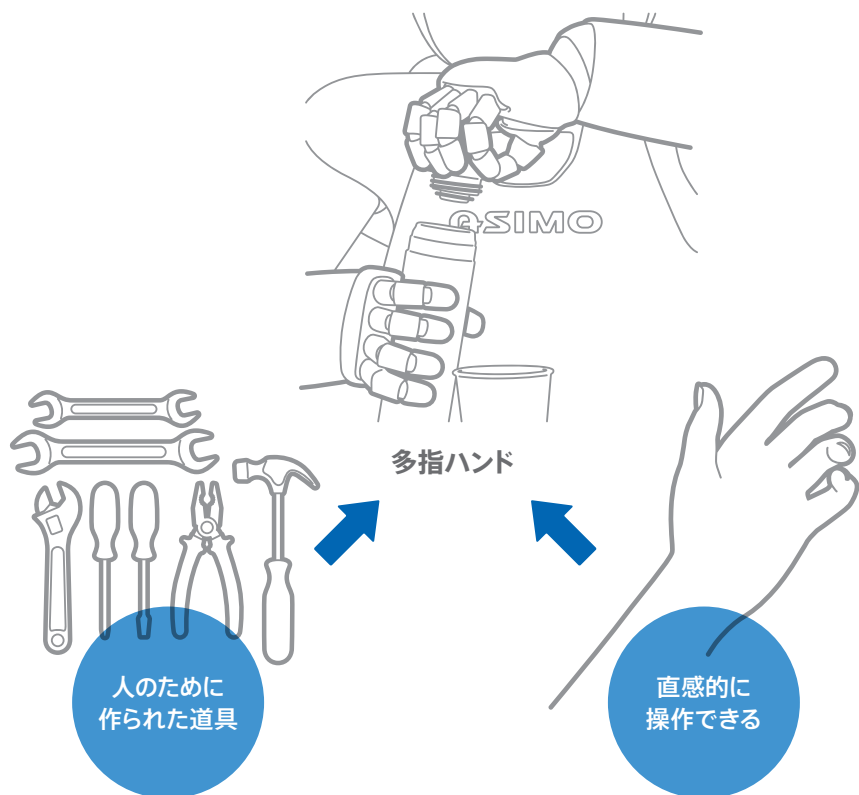
に「ものを扱えること」です。

そのために、人が直感的に操作でき、人のために作られた道具を使える“多指ハンド”の実現に取り組んでいます。Hondaがグリッパーではなく、人の手の再現にこだわるのはこうした考

えからです。

この多指ハンドの遠隔操作の実現に向け、「人と同じ能力を持ったロボットハンドの技術」と、「その手を違和感なく意のままに操れる操作性技術」の2つの実現が不可欠となります。

リモートでも自分がその場にいるかのように“もの”を扱える



分身としての多指ハンド作業に求められるもの

1 人と同じ能力をもったロボットハンド



2 違和感なく意のままに操れる操作性



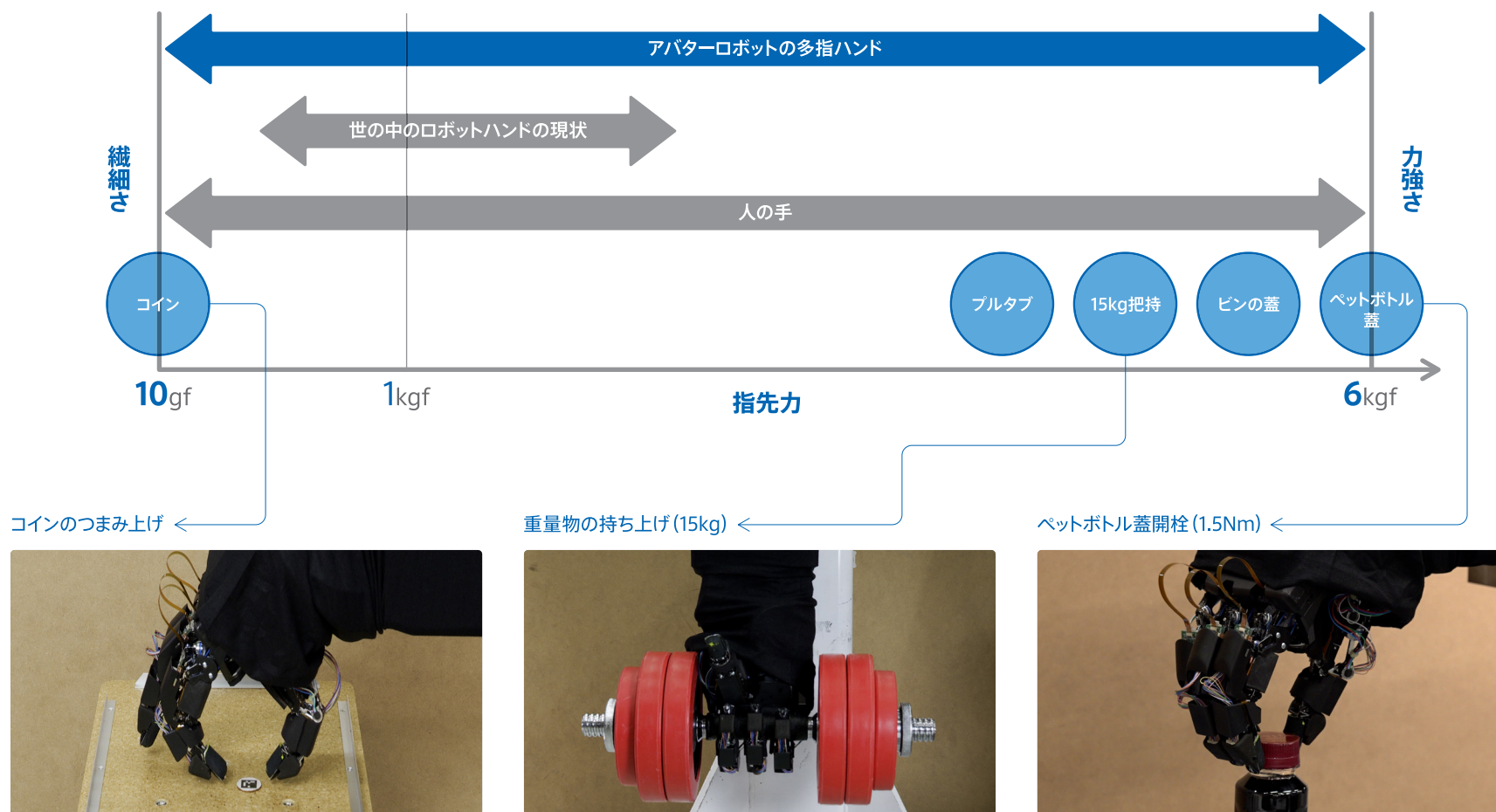
1 人と同じ能力を持ったロボットハンド「多指ハンド」

人の手は小さくてスリムですが、小さなものをつまめる繊細さと、がっちりと握れる力強さを併せ持っています。一方、世の中のロボットは繊細さと力強さの両面で、能力は現時点ではまだ人

に及びません。

Hondaは、ASIMOで実現できなかったこの課題にチャレンジし続け、アバターロボットでは小さなコインをつまみ上げたり、缶

のプルタブを開ける、ペットボトルやビンの蓋を開けるなど、人と同等の「繊細さ」と「力強さ」を両立する人の手のようなロボットハンドを実現しました。



2 違和感なく意のままに操れる操作性「AIサポート遠隔操縦」

[1]さまざまなものを把持できる

人は何気なく行っていることですが、ものをしっかり握り持つ（把持する）という動作は、実は複雑なプロセスで行われています。まず、①どの対象物をどんな手の形で持つかを計画し、②実際に手を伸ばして掴んだ上で、③しっかりと持てているのか確認し、④ずれていれば修正します。

一方、アバターロボットを操作すると、人が行うようにスムーズにはいきません。リモートでこれを行うと、おおよその手の形は作ることはできませんが、カメラ映像を介すると距離がわかりにくく、触った状態が操作者にわからないという課題があります。

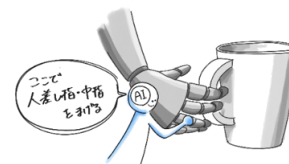
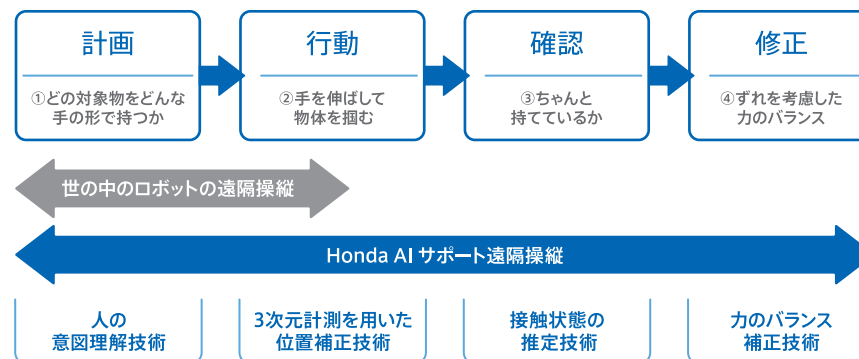
これらの課題に対するHondaの解決方法は、「AI

サポート遠隔操縦」です。

遠隔操縦の難しい部分をAIがサポートし、しっかりと把持する動作を実現します。AIは、どの対象物をどんな手の形で持ちたいかを人の意図理解技術によって推定した上で、距離がわかりにくいという問題を、3次元計測を用いた位置補正技術でサポート。触った状態がわからないという問題を、接触状態を推定してバランス補正することでサポートします。

操作者の視線や手の動きから意図を推定することで、把持することの難しさを解消します。このように、ASIMOで培った技術を発展させることで、スムーズに握り・持つ動作を実現しました。

人が何気なく行っている把持動作のプロセス



“遠隔操縦の難しい部分を”AIがサポート
さまざまな物を握り・持つことができる

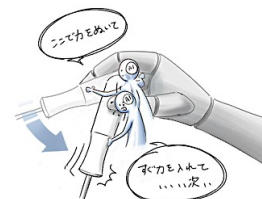
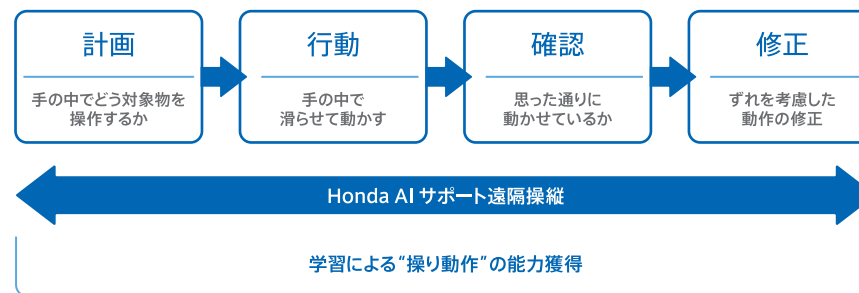
[2]“手の中での繰り”の実現にチャレンジ

さらに我々は、このAIサポート遠隔操縦を、対象物を掴んだ後の「手の中での繰り」まで進化させることを目指しています。

人は手の中で掴んでいる対象物を滑らせて、効率的に持ち替えることができますが、ロボットには非常に繊細で難しい操作です。この課題に対して、新たなチャレンジとして、ロボットが失敗を

繰り返しながら“操る能力”を獲得する技術に取り組んでおり、アバターロボットでは既にドライバーを持ち替える動作を実現しました。

高い能力を持つハードウェアを開発できる、HondaならではのAI技術で、“手の中での繰り”をさらに進化させていきます。



“手の中での繰り”のサポートへ進化
握り・持った道具を操れる

Hondaは一人ひとりの生活者に寄り添い
人の可能性を拡げ、充実した暮らし、そして人生を送ることができるよう
ロボティクス技術でサポートすることを目指していきます。
より早く人の役に立つ技術を創造するために、Hondaはこれからもチャレンジを続けます。