

遠隔同士でも直接触れ合う感覚が楽しめるコミュニケーション愛玩ロボットが製品化された。最新のリアルハプティクス「力触覚」技術を、インターネットを介して伝送することで実現した。歩いたり、話すことはできないが、遠くの家族や友達と臨場感のあるスキンシップによる対話機能を備えた次世代ロボットである。

企業名	合同会社エープラスエイ		
事業内容	リアルハプティクス技術の知的財産権を保有する慶應義塾大学と共同研究を通して開発した成果を民生分野で製品化・販売を行う。		
所在地	〒106-0031 東京都港区西麻布 3-8-4-1203		
TEL	※問い合わせ先 E-mail をご活用ください。	URL	<a href="http://aplusa.tech">http://aplusa.tech</a>
資本金	200万円	従業員数	4人

#### 【本技術の概要】

同社は、モノに触った感覚（触覚）とモノを掴む力を感じる感覚（力覚）の2つの感覚をデジタル化するリアルハプティクス技術をペットロボットに活用し、遠隔でもスキンシップが感じられるコミュニケーションを実現した。今回製品化されたロボット「ゴロニャン」（図1）は、双方向のスキンシップを可能にした猫型ペットロボットである。2匹のゴロニャンを高速・低遅延でネット接続して連携させると、一方のゴロニャンを動かした動作が遠隔にあるもう一方のゴロニャンにリアルタイムで伝わり、まるで2人で直接対面して同じゴロニャンを操作しているかのような感触が得られる。既存の愛玩ロボットのように歩いたり、話したりすることはできないが、遠くの家族や友達と臨場感のある対話機能を備えた次世代ロボットとして期待される。



図1. 愛玩ロボット「ゴロニャン」

#### 【背景・原理】

高齢化社会の到来と人口減少が進む今、人と共存する協働ロボットが注目されている。しかし、従来のロボットには、人が日常動作の中で行っているモノに触って硬さや弾力、動きを感じて得る情報（力触覚）をモノと双方向で伝送し、リアルタイムで再現することができなかった。柔らかいモノ、壊れやすいモノを取り扱う際、瞬時に理解して操作することができないために壊したり、傷つけたりすることが起こる。一方、人は触って得た情報をモノに合わせて力を制御して対応することができる。ロボットでも各種センサーを設置し、操作手順をティーチングすることで可能になっているが、大変な時間と労力が必要である。

この人間に備わっている力触覚を機械で再現することについて、慶應義塾大学の西公平特任教授等が開発したリアルハプティクス技術により実現された。感覚は定量化できないが、力触覚を表す刺激信号の物理量としてリアルタイムで定量的なデジタル信号として把握できるようにした（図2）。

瞬時の力触覚を表す刺激量は（1）式で定義される。



図 2. 力触覚の定義

【力触覚の見える化】

図 3. に力触覚の見える化を示した。上段にある装置を用いて、10cm 位の棒を左右に移動させて 4 種の対象物に接触させ、それぞれの動作の位置信号と力信号で記録したグラフを示した。A は対象がない場合、B は対象がスポンジの場合、C は対象が金属塊である場合、D は対象が風船の場合である。

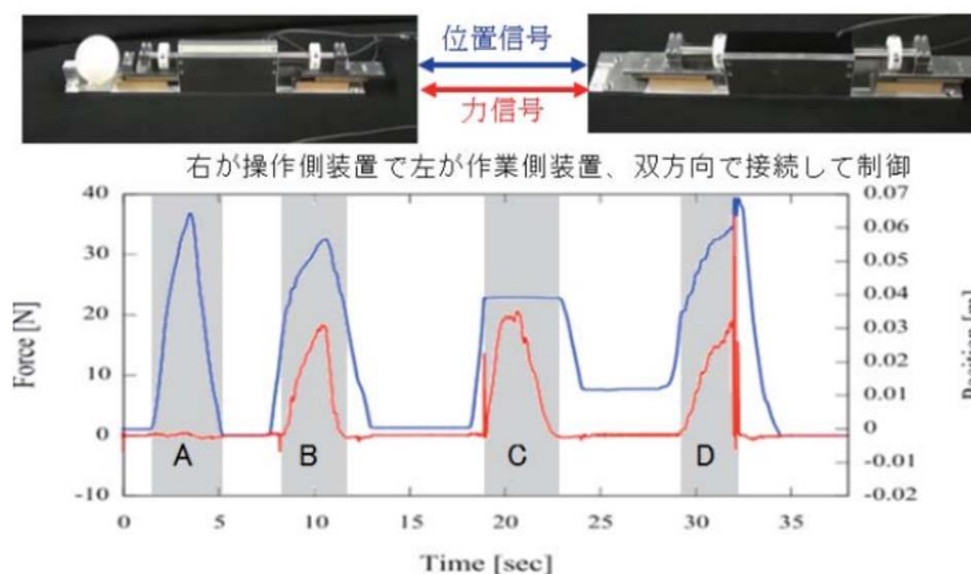


図 3. 力触覚の見える化の例（赤線：力信号、青線：位置信号）

A では、無接触なので力は発生していない。B では、位置変化と力変化が同時・同方向で発生している。C では、対象物に接触して位置変化が停止、力変化だけが発生している。D では、B のスポンジと同様の動きで推移し、突然自由動作となっている。これらのデータから、位置信号と力信号の軌跡を読み取ることで実行された行為を解析できることがわかった。この結果から、力触覚の見える化により、デジタル信号として処理することができる。得られたデータにより、

- ① 熟練者による行為実行を記録して解析・解読する
  - ② 学習者と熟練者の実行記録を比較して違いを発見・伝達する
  - ③ 匠の業を読み解き、自動化制御として活用できる
  - ④ 操作記録をから操業および機器の不具合を検知することが可能
- となるなど、力触覚に伴う力信号の収集が可能となった。

(出典：慶應義塾大学ハプティクス研究センター 永島 晃、Bulletin JASA 2018 Apr. vol.65)

### 【ハプティクスとリアルハプティクス技術の違い】

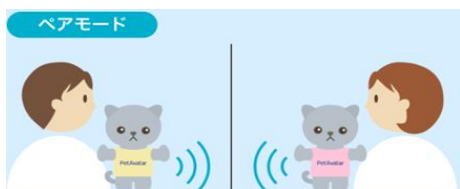
ハプティクスとは国際ハプティクス学会で、「利用者に力、振動、動きなどを与えることで皮膚感覚フィードバックを得る技術」と定義されている。一方、リアルハプティクスとは、人が押したり、握ったり、さすったりして硬さや弾力、動きを感じて得る情報を物体と双方向で伝送し、力触覚を再現する技術である。この力触覚は人間の優れた判断力と柔軟さを支えている本能的感覚ということができる。

### 【リアルハプティクスの特徴】

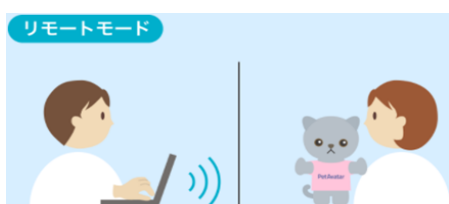
- ① 人は触って得た力触覚から操作対象に合わせて力を制御し、相手に適応した動作を行うことができる。リアルハプティクスは動作データを瞬時に同定し、その値をデジタル化し、リアルタイムで力触覚を伝送することで実現した。デジタル信号なので拡大、縮小化など加工もすることができる。
- ② ロボットでは、操作対象の内容を4個のパラメータ（慣性、粘性、剛性、クーロン摩擦）としてリアルタイムで定量的に把握することが可能となった。
- ③ ロボットなどの人工機械が、人と同様に対処物に適応した動作を再現することが可能となり、記録、蓄積しその中からその場の作業にふさわしい作業を遠隔地であっても送信できる。

### 【ゴロニヤンの活用例】

同社が開発するペットロボット「ゴロニヤン」は、リアルハプティクス技術を使って人間に備わっている力触覚をオンラインでの遠隔伝達することで離れたところでお互いに直接対面しているようなスキンシップを得ることができる。その活用事例を紹介する。



ネット接続された二匹のゴロニヤンで遠隔であってもスキンシップができる。コロナ禍の中、かわいい孫との遠隔スキンシップすることで毎日の成長を実感し、一人暮らしの祖父母を勇気づけることにも役立つ。



ゴロニヤンを遠隔のPCやスマホのリモコンアプリから遠隔操作し、送り手の気持ちをゴロニヤンの動作にのせて、相手に伝えることでより親密なコミュニケーションを図ることができる。



ぬいぐるみ遊びで自ら自分を癒し、「猫パンチ」「うなずき」「ささやき」などのゴロニヤン動作も楽しめる。



スキンシップの状況を記録する機能を使用し、保存しておいた大切に思う人との過去のスキンシップを何度でも再生が行える。大切に印象に残ったスキンシップを、いつでも・どこでも・何度でも体験することができる。

【リアルハプティクス技術普及への取り組み】

慶應義塾大学では、2014年12月に「ハプティクス研究センター」を設立。市場のニーズを把握し、リアルハプティクス技術の活用に積極的な企業との共同研究開発に取り組んでいる。既に70件以上の企業・大学・研究機関と連携している。更に、共同研究開発活動の効率化と普及促進を目指して、慶應義塾発ベンチャー



AbcCore

図4. AbcCore

企業「モーションリブ株式会社（代表取締役 CEO：溝口貴弘）」と共同して、リアルハプティクス技術の基幹部分を規格化・秘匿化した AbcCore を開発した。このモジュールは、サーボモータをはじめ多様なアクチュエータ（電動・油圧・空気圧）の力加減を制御する汎用力触覚集積回路で、位置・速度・力制御の機能に加えて、モータ2台を運動同期した力触覚伝送ができる。力触覚情報は、デジタルデータとして扱えるため力の拡大/縮小など人間の力触覚を拡張した動作も可能となる。

(<https://www.motionlib.com/product/abc-core>)

【将来展望としてIoA】

将来、リアルハプティクス技術が普及し、多様な機器・システムにリアルハプティクス技術が実装されたときは、各種の行為を記録・蓄積した情報データを編集し、他のセンサー入力や各種プログラムと連携させる「行為コンテンツ」を作成し共有することで、見たい映画をネットワーク経由でダウンロードして鑑賞するように、活用したい操作（行為）、たとえば熟練した目玉焼き料理作業をネットワークから自宅の自動クッキング装置にダウンロードして、その作業で作成した目玉焼きを味わうことも可能となる。この仕組みとしてIoA（Internet of Actions）の構築を目指す（図5）。ペットロボット「ゴロニャン」の動作記録がIoAを通して共有される時代の到来が期待される。

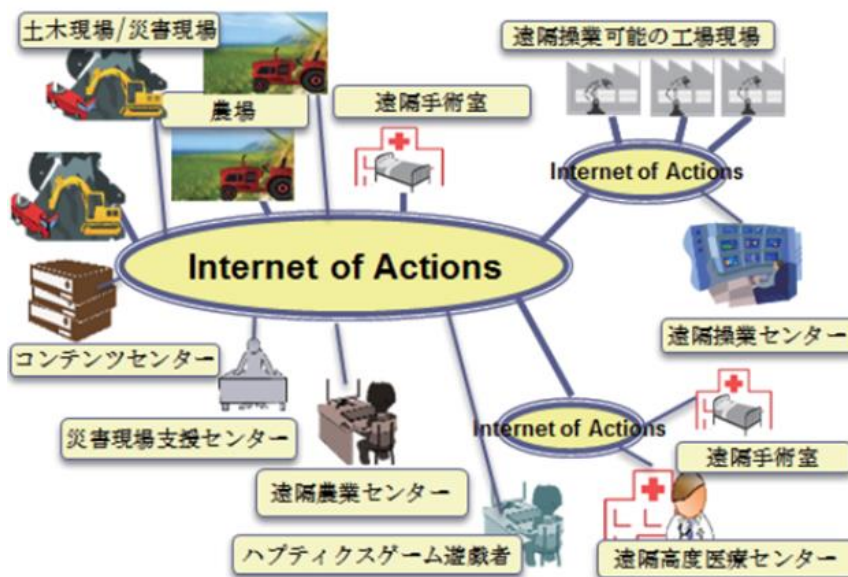


図5. IoA（Internet of Actions）の概念図

専門家による目利きコメント

人の五感で、視覚（見る）、聴覚（聞く）では、デジタル信号として処理、加工、蓄積などを通して人間社会を豊かにしている。その中で、いまだ手つかずの力触覚がリアルハプティクス技術で視覚、聴覚と同様な取り扱いが可能となり、ロボットなどを通して人間社会をより豊かにすると思われる。

お問い合わせ

合同会社エープラスエイ  
開発センター：神奈川県川崎市幸区新川崎 7-1 新川崎タウンキャンパス1棟 205  
氏名：永島 晃  
E-mail：nagashima@aplusa.tech