

2010.6.12(土)

中日新聞

(第3種郵便物認可)

11

コンピューターに登録した仮想物体が目の前にあるかのように見え、手で触れた感触も再現できる装置を、岐阜大工学部の川崎晴久教授のグループが開発した。医学生が練習しにくい乳がんなどの触

診技術の習得が実物により近い環境でできるなど多方面に活用できるといい、川崎教授は「世界初の装置。これからソフト面の開発を進めたい」と話している。
(横山大輔)

触らず乳がん触診練習

岐阜大グループ、世界初の装置

立体画像を見ながら仮想物体の「手応え」を感じられる装置の実演をする学生(左)と川崎晴久教授(岐阜市柳戸の岐阜大)



川崎教授は、五本指を備え人間と同じように柔らかいものをつかむことができるロボットハンドを研究。この技術の延長で二年前、人間の指先に仮想物体の感触を伝える手の形をした装置

仮想物体つかむと「手応え」

「乳がんを見つめる乳房検診の練習や、宇宙や海底など人間が行きづらい場所でのロボットハンドの遠隔操作、介護ロボットの実現にもつながる」と川崎教授。グループでは、十六日から東京で開かれるロボット展示会で発表し、より詳細な映像などを開発するパートナー企業を探すと

今回、特殊なメガネをかけることで映像が立体的に3D表示できるディスプレイと「HIRO III」などを組み合わせた。ディスプレイには、仮想物体と自分の手の合成映像を表示。HIRO IIIを触っている手がディスプレイでは仮想物体を触っているように映り、手を動かすと、物体の形状や動きを「手応え」として感じる。この装置は、乳がんを見つめる乳房検診の練習や、宇宙や海底など人間が行きづらい場所でのロボットハンドの遠隔操作、介護ロボットの実現にもつながる」と川崎教授。グループでは、十六日から東京で開かれるロボット展示会で発表し、より詳細な映像などを開発するパートナー企業を探すと

「HIRO III」を開発した。今回は、特殊なメガネをかけることで映像が立体的に3D表示できるディスプレイと「HIRO III」などを組み合わせた。ディスプレイには、仮想物体と自分の手の合成映像を表示。HIRO IIIを触っている手がディスプレイでは仮想物体を触っているように映り、手を動かすと、物体の形状や動きを「手応え」として感じる。この装置は、乳がんを見つめる乳房検診の練習や、宇宙や海底など人間が行きづらい場所でのロボットハンドの遠隔操作、介護ロボットの実現にもつながる」と川崎教授。グループでは、十六日から東京で開かれるロボット展示会で発表し、より詳細な映像などを開発するパートナー企業を探すと

3次元触覚表示装置を開発

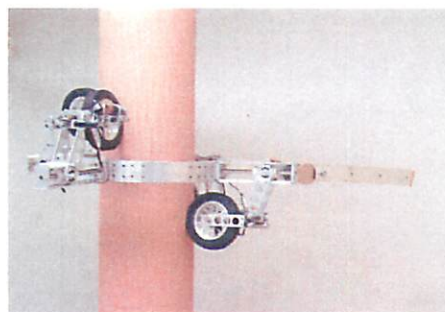
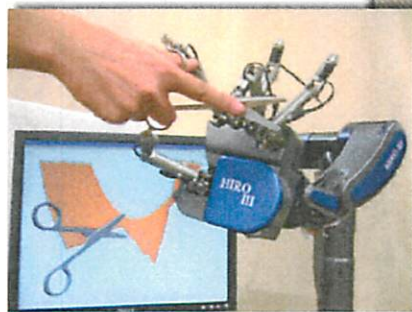
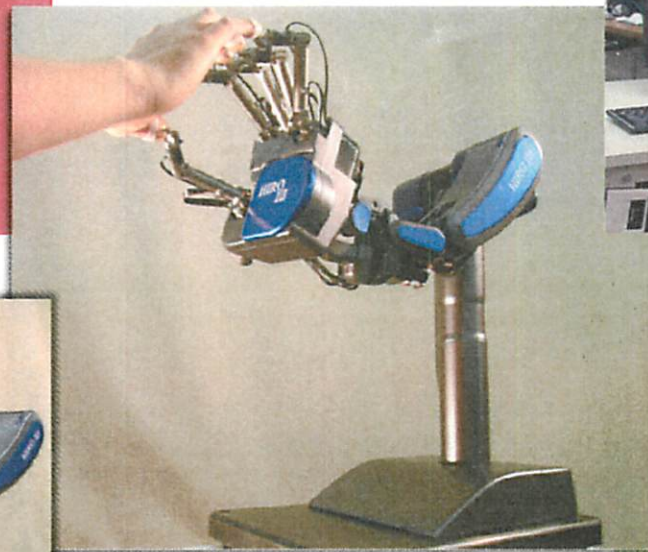
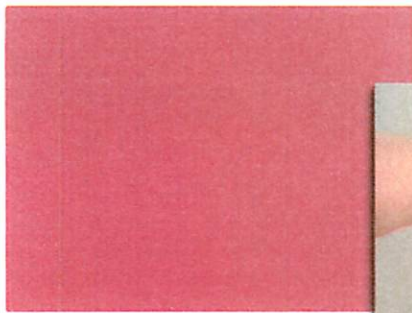
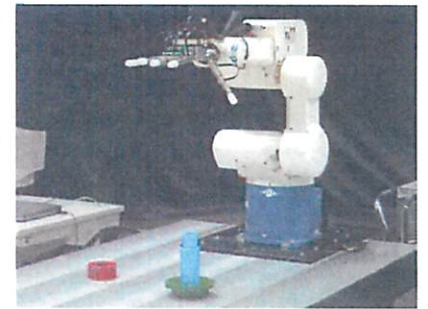
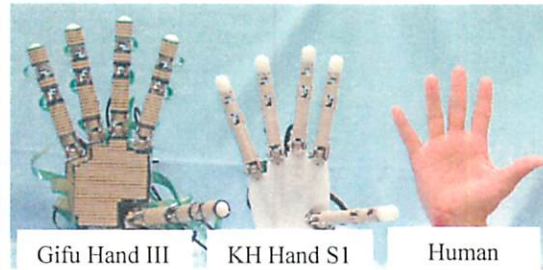
岐阜大 乳がん触診訓練に応用



【岐阜】次元触覚表示装置(写真)を開発した。視覚と触覚の両方でCGで表示する対象物に触れるような感覚を再現する。乳がんの触診訓練など医療向け用途を見込む。操作者から近い順番に、モニター、鏡、手の動きを撮影するカメラを設置する。鏡に映った手の動きをカメラが撮影し、リアルタイムでCGと合成してモニターに映す。ロボットは操作者の手の動きに沿って動く。モニター画面で確認しながらCG画像に触れるように手を動かすと指先にその感触が伝わる。モニターにも手が実際にCG画像に触れたように立体的に映し出される。

日刊工業 2010 6/14

川崎・毛利研究室 Kawasaki & Mouri Laboratory



1. HIRO III とは

HIRO III は、物体の重量感、摩擦感を含め、人間の5本の指先に3次元の力覚提示を行うことができる、**世界初の5指ハプティックインターフェイス**である。



Fig. 1 HIRO III (Haptic Interface RObot III)

これまでの情報通信は、聴覚や視覚の情報に限られており、人間の手作業で生じる力覚を伝えるインターフェイスは存在しなかった。HIRO III により、ネットワークを介してヒューマノイドロボットの遠隔操作、製造現場における熟練技能の記録と伝達、医療・福祉における遠隔での検診・治療・介護と様々な分野で応用できる。

HIRO III の特徴は、

- ・人間の手に対して対向して設置（対向設置型）
 - ・5本の触覚指のあるハンド
 - ・各触覚指は3自由度で、3軸力覚センサを装着
 - ・6自由度のアーム機構
 - ・各触覚指に磁石によって接続
- であり、これらにより、
- ・人間の複数指に3次元の力感覚を提示
 - ・広い操作空間の確保
 - ・高精度力覚制御
 - ・圧迫感や装置の重量感の軽減
 - ・安全性の確保
- を実現している。

2. HIRO 研究開発の体制

研究開発は岐阜大学と地元企業等の産学官連携で実施した。

- ・研究統括：岐阜大学
- ・インターフェイスの機構設計：岐阜大学、(株)丸富精工、(株)ダイニチ
- ・省配線制御装置、制御装置のソフトウェア開発：岐阜大学、イー・バレイ(株)
- ・触覚バーチャル環境技術、遠隔触覚通信：岐阜大学

- ・力覚センサ：(株)テック技販
- ・デザイン：SOL DESIGN

3. HIRO 開発の歴史

- 1) 2001年に産学連携（(株)ダイニチ、(株)丸富精工）で3指のHIROの研究開発(Fig. 2)を開始する。（(財)ソフトピアジャパンより共同研究支援）
- 2) 2005年に愛地球博のプロトタイプロボット展に5指のHIRO IIを開発(Fig. 3)し、未来科学百科事典を展示する。（NEDO 次世代ロボットプロジェクト・プロトタイプ開発支援事業）
- 3) 2005年総務省戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)でネットワーク触覚インターフェイスの研究開発を開始
- 4) 2006年に小型高精度な3軸力覚センサを開発するため(株)テック技販が参画する。
- 5) 2007年には省配線の制御装置を開発するためイー・バレイ(株)が参画し、HIRO III(カバーデザインなし)を開発(Fig. 4)した。
- 6) 2007年 SOL DESIGN の協力を得て、機構カバーデザインを設計する。
- 7) 2008年10月 HIRO IIIを(株)丸富精工より販売開始する。

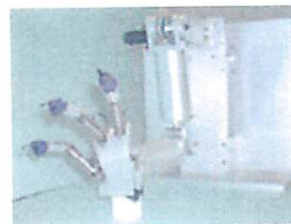


Fig. 2 HIRO

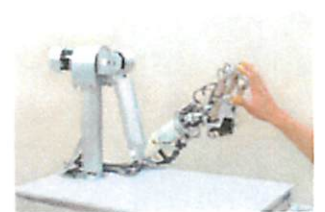


Fig. 3 HIRO II



Fig. 4 HIRO III(カバーデザインなし)

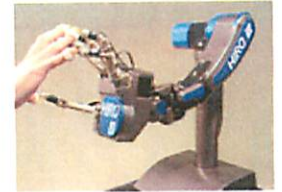


Fig. 5 HIRO III

4. HIRO の技術的特徴

4.1 ハンド機構

ハンド部は、3関節3自由度を持つ5本の触覚指から構成されており、指先には3軸の力覚センサが搭載されている。これにより操作者の5指すべてに3次元の力を提示することを可能とした。また、触

覚指の配置は、操作者の指の可動空間と触覚指の可動空間の積空間が最も大きくなる配置としている。

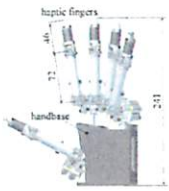


Fig. 6 HIROIII ハンド



Fig. 7 操作者との接続

4.2 アーム機構



Fig. 8 HIROIII アーム

アーム部は、人間の卓上作業をできるように6関節6自由度を持つ設計とした。また、この構成により、アームの運動に従って、ハンドの位置・姿勢を操作者の手の位置・姿勢に追従させることが可能である。

4.3 制御装置(省配線システム)

従来の制御装置では、HIRO III と制御装置の間には200本を超える配線が必要であり、機構の滑らかな運動の妨げとなっていた。この問題を解決するために、Fig. 9の省配線システムを開発した。

省配線システムの実現において、FPGAを用いたインターフェイス基板(Fig. 10)、15chのモータドライバ基板(Fig. 11)、3軸力センサ増幅回路基板(Fig. 12)から成る掌に収納可能なハンド制御部の開発を行った。また同様に、アーム制御部においてもFPGAを用いたインターフェイス基板、6chのモータドライバ/原点出しセンサ回路基板を開発し、アームの根元に収納した。この制御部を主CPUとのLANによる高速通信を実現することによって省配線を実現した。省配線化によって、全配線をカバー内に収納することが可能となった。

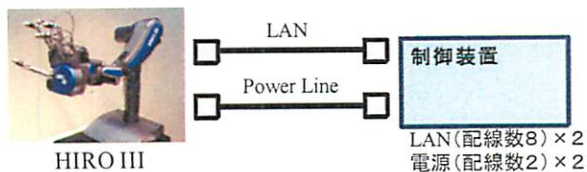


Fig. 9 省配線システム

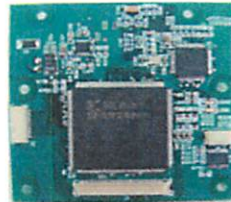


Fig. 10 FPGA 基板

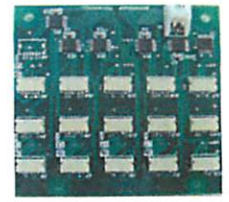


Fig. 11 モータドライバ基板



Fig. 12 3軸力センサ増幅回路基板



Fig. 13 3軸力センサ

4.4 3軸力覚センサ

Fig.13 に示す小型高精度な3軸力覚センサを開発し、高精度な力覚制御を可能にした。

4.5 可操作性最適化制御

HIRO III では、反力を正確に提示できるようにするために、ハプティックフィンガーの可操作性が最大となるような位置・姿勢を求め、それを目標とするアーム位置制御を行い、触覚指は力誤差のPI制御する可操作性最適化制御を開発した。アームは式(1)の評価項目最大とする位置姿勢を目標値とする。

$$CPI = \sum_{i=1}^5 (\alpha_i W_i + \beta_i P_i) + Q_A \quad (1)$$

ここで、 W_i はハンド部の可操作性指標、 P_i は関節の可動範囲に関するペナルティ関数、 Q_A はアームの関節角度変化の抑制項で、操作者の心理的不安感を抑制する項である。5本の指先で同時に3次元の力制御を施した世界初のハプティックインターフェイス制御である。

4.6 触覚 VR 環境技術

非線形柔軟物体の触覚レンダリング法を研究開発し、HIRO III と統合することで、乳癌触診訓練システム (Fig.14)の開発を行った。患者を対象とした触診・内診の練習は困難であるが、多指ハプティックインターフェイスとVR技術を融合した訓練システムを実現することにより、医学生、看護学生等の手技の学習に役立つことが期待される。また、HIRO

III を用いることで、複数指での触診操作が可能となり、より現実に近い訓練が可能となる。

4.7 3D ディスプレイ

ハーミラーを利用した、手先に映像を提示する大型の3Dディスプレイ (Fig.14,15)を開発し、人間の指先での力の空間知覚特性の実験評価、技能伝達法の開発、共同作業を実現するクライアント・サーバシステムの開発などに役立っている。



Fig. 14 HIRO III を用いた乳癌触診訓練シミュレーション



Fig. 15 手先に映像提示する3Dディスプレイ

5. 応用システム

5.1 複数の道具を用いた訓練システム

医療では鉗、メス、注射器など様々な道具の扱いを学ぶ必要がある。HIRO III では、Fig.16 に示すように鉗デバイス、注射器デバイス、メスデバイスなど先端につける道具デバイスを交換することで、多様な訓練を可能とする。手術での道具の操作を学ぶ医療訓練システムに応用できる。



Fig.16 訓練システム

5.2 両腕システム



Fig.17 両腕システム

人は日常生活や何か作業をする際に、一般的には両手を使用する。両手を用いることにより作業の幅は大きく広がる。左右の HIRO III を使い、VR 環境で両手作業を行える両腕ハプティック

インターフェイスシステムの研究開発を実施している(Fig. 17).

5.3 遠隔医療・遠隔介護への応用

医療・介護の分野では、ヒューマノイドロボットによる診断、手術、介護の研究が行われている。その多くの場合、遠隔で人間がロボットを操作する必要がある。HIRO III は、ネットワークを介してヒューマノイドロボットを遠隔操作する応用に役立てることができる。

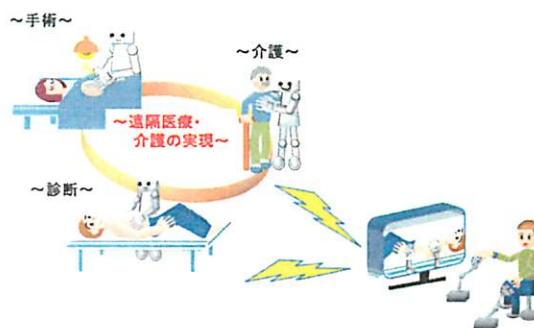


Fig.18 遠隔操作システム

6. 主な研究業績

[論文等]

- 1) T. Endo, H. Kawasaki, T. Mouri, Y. Doi, T. Yoshida, Y. Ishigure, H. Shimomura, M. Matsumura, and K. Koketsu, Five-Fingered Haptic Interface Robot: HIRO III, Proc. of WorldHaptics2009, pp.458-463, 2009.
- 2) T. Yoshikawa, T. Endo, H. Kawasaki, and T. Maeno, Multi-Fingered Bimanual Haptic Interface with Three-Dimensional Force Presentation, Proc. SYROCO 2009, pp. 811-816, 2009.
- 3) H. Kawasaki and T. Mouri, "Design and Control of Five-Fingered Haptic Interface Opposite to Human Hand", IEEE Transaction on Robotics, Vol.23, No.5, pp. 909-918, 2007.
- 4) O. Halabi, V. Daniulaitis, H. Kawasaki, T. Mouri and Y. Ohtuka, Future Haptic Science Encyclopedia: Realistic Stable Haptic Interaction with Highly Deformable Objects Using HIRO-II, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 18, No.4, pp. 409-417, 2006. 他

[特許等]

- 1) H. Kawasaki, T. Mouri, S. Ito, Touch Sense Interface and Method for Controlling Touch Sense Interface, USA, date July 8, 2003, date of Patent Apr. 11, 2006, Patent No. US 7, 027, 031 B2+, 他

[図書等]

- 1) 川崎 晴久, ロボットハンドマニピュレーション, 共立出版, 2009.
- 2) T. Endo, H. Kawasaki, K. Kouketsu and T. Mouri "High-precision Three-Axis Force Sensor for Five-Fingered Haptic Interface," Sensors, Focus on tactile, Force and Stress Sensors (Edited by J. G. Rocha and S. L.-Mendes, Published by In-The), pp.87-102, 2008 他

[表彰等]

- 1) 2008 年度日本機械学会船井賞, 2009.3.24
- 2) 2010 年度産官学連携表彰総務大臣賞, 2010.6.5 他