

医学教育用ヒューマノイドの開発

研究代表者 岸 竜弘
(理工学研究所 次席研究員 (研究員助教))

1. 研究課題

我々は医師の臨床手技の訓練に利用する医学教育シミュレータの開発に取り組んでいる。本研究はこの機器を医師の模擬的な診察や治療を通じた訓練に利用することで、未熟な医師や看護師による診察や治療によって生じる患者の不利益を無くすことを目的としている。特に、臨床手技のうち、全ての医師が備えるべき基本技能といわれる神経診察の訓練に適用できるヒューマノイドの開発に注目し研究を進めている。医師は神経診察を通じ、体の一部位のみではなく、複数部位を診断した結果を統合することで、患者の疾患が発生した原因や問題となっている部位を特定する手技を求められる。したがって、神経診察に対応した患者シミュレータは全身を模擬することが必要である。これまで最終的に全身型の患者シミュレータを実現するにあたり、開発が困難な点を考慮し、頭部と腕部を優先して開発を進めてきた。

腕部においてはまず高い応答性で力の伝達の有無を変化させることが可能な肘関節のハードウェアが開発された。開発されたハードウェアを利用し、前腕部に搭載した6軸力センサに対する反力を制御することで、パーキンソン病や振戦の症例を含む肘関節単体での症例が再現された。さらに、この肘関節を含み肩から肘までを含む腕部ハードウェアが開発された。一方、これまで症例再現は肘関節単体の動作にとどまっていた。医師は診察において、例えば腕部の診察を行う際、患者に腕部の複数関節を協調した動作の指示を出し、これに対する患者の腕部の動作を観察する手技を行っている。この手技の訓練の達成には複数関節を複合した動作中の疾患の再現が必要となる。

2. 主な研究成果

特に、本報告書における研究期間においては、上記の研究課題のうち医師の動作の模倣と模倣中の疾患再現に向けた基盤となるアルゴリズム構築に取り組んだ。ここで、本研究では、提案するアルゴリズムの検証と評価のため、我々の研究室で開発を進めている等身大の2足ヒューマノイドロボットである KOBAN-RIV の腕部を利用した。

2.1 医師の動作の模倣

ロボットが医師の腕部の動作を模倣するためには、まず医師の手先の位置をリアルタイムに取得する必要がある。本研究では簡便に使用できることに注目し、Microsoft 社の KINECT v2 を利用して医師の手先位置を取得した。ここで、医師の手先位置は肩からのベクトルで表現することとした。この際、医師の体格とロボットの寸法の差異は、人間の体幹の長さとおロボットの体幹の長さの比を取ることで補正を行った。さらに、モーションキャプチャシステムから出力されるデータにはノイズが含まれるため、このままではロボットに対する入力として使用することはできなかった。このため、モーションキャプチャシステムから入力された手先位置の遷移に二重移動平均フィルタをかけることでノイズを除去した。

最後に、手先位置の情報を実現するロボットの各関節の角度を計算した。今回使用したロボット腕部は片腕 9 自由度を持つ。このうち、鎖骨に相当する肩付け根側の 2 自由度と、肘の旋回角度を人間の腕部動作に関する先行研究のデータをもとに手先位置に基づいてあらかじめ決定し、残りの 6 自由度に対して幾何的に逆運動学を解いた。以上により、ロボットに医師の腕部姿勢をリアルタイムに模倣させることを成功した (Fig. 1)。

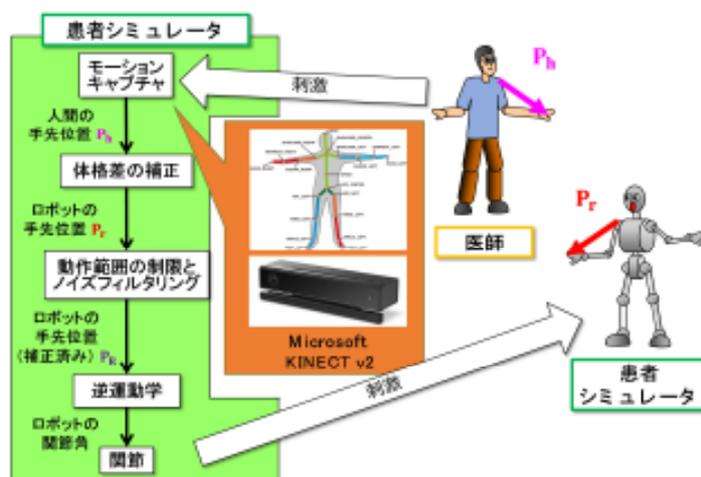


Fig. 1 模倣動作実現の流れ

2.2 模倣中の疾患再現に向けた基盤となるアルゴリズムの構築

神経診察において診断の対象となる、つまりロボットが再現すべき疾患には 2 つの階層がある。それぞれ運動レベルでの疾患、関節レベルでの疾患である。このうち筋力低下、関節の痙攣や振戦などに代表される関節レベルでの疾患は我々がこれまでに開発してきたように主に関節単位で疾患を再現可能なハードウェア単体の動作で再現が可能である。一方、目標から手先が大きくずれる測定障害、目標に近づくにつれて手先が震える企図振戦、目標に手先が近づくもののスムーズに到達しない、などの運動レベルでの疾患は複数の関節を複合した運動として再現が必要であり、なおかつリアルタイムに生成される運動に対して疾患の特徴を付加する必要があった。

本研究では 2.1 のように医師を模擬する運動をロボットの肩から手先までのベクトルとして定義している。このベクトルにリアルタイムに疾患の特徴を付加することで、疾患のある模擬運動を生成することとした。特に、この手法の有効性を検証する第一段階として手先が目標地点にスムーズに到達せず、目標地点を行き過ぎてしまう疾患を再現することとした。

具体的には、ロボットの手先位置の遷移に、ロボットの手先位置の各瞬間の速度にゲインをかけたものを付加することで、本来の軌道からわざと大回りをさせる軌道とした。これにより、ロボットの手先位置は目標地点から一度行き過ぎて戻る運動をすることとなる。

実際にロボットの制御アルゴリズムにこの手法を付加したところ、リアルタイムな模倣動作生成中に本来の軌道を変化させ、目標地点を行き過ぎて戻る軌道が生成できることが確認された。これは、医師の動作の模倣中の疾患再現に向けた基盤となるアルゴリズムが構築されたことを示すものであるといえる (Fig. 2)。

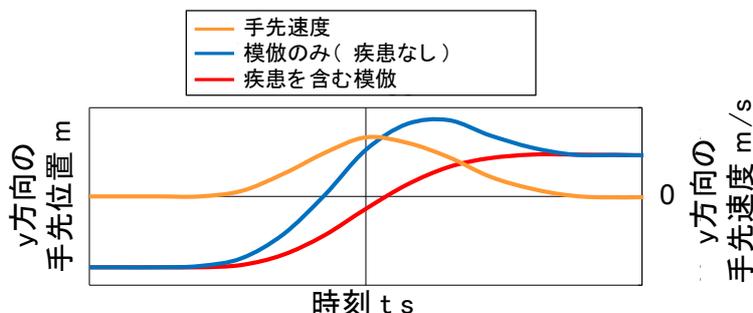


Fig. 2 疾患の有無による手先軌道の変化

3. 共同研究者

高西 淳夫 (創造理工学部・総合機械工学科・教授)

石井 裕之 (創造理工学部・総合機械工学科・准教授)

橋本 健二 (高等研究所・助教)

4. 研究業績

4.1 学術論文

Tatsuhiro KISHI, Souichiro Shimomura, Hajime Futaki, Hiroshi Yanagino, Masaaki Yahara, Sarah Cosentino, Takashi Nozawa, Kenji Hashimoto, Atsuo Takanishi, "Development of a Humorous Humanoid Robot Capable of Quick-and-Wide Arm Motion," IEEE Robotics and Automation Letters, Vol. 1, Issue 2, pp. 1081-1088.

Tatsuhiro KISHI, Takashi Nozawa, Ai Nibori, Hajime Futaki, Yusaku Miura, Megumi Shina, Kei Matsuki, Hiroshi Yanagino, Sarah Cosentino, Kenji Hashimoto and Atsuo Takanishi, "One DoF Robotic Hand That Makes Human Laugh by Tickling through Rubbing Underarm," Proceedings of the 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2016), pp. 404-409, Daejeon, Korea, October, 2016.

4.2 総説・著書

4.3 招待講演

岸竜弘, "2足ヒューマノイドの全身動作による人間の笑い誘発", 数理人セミナー, 東京都, 2016年9月.

Tatsuhiro KISHI, "How can we generate funny whole body motions on humanoid robots?", Italy-Japan Workshop 2016, Tokyo, Nov. 22, 2016.

4.4 受賞・表彰

JTCF Novel Technology Paper Award for Amusement Culture Finalist, The 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2016), October, 2016.

2016 IEEE Robotics and Automation Society Japan Joint Chapter Young Award, The 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2016), May, 2016.

4.5 学会および社会的活動

プログラム委員, LIFE2016, 2016年9月, 宮城県.

5. 研究活動の課題と展望

以上のように, 本研究を通じ神経診察の模擬患者となるロボットにおいて医師の動作の模倣と模倣中の疾患再現に向けた基盤となるアルゴリズムの構築が実現された. 一方で, 疾患の再現は初歩的なものに留まっており, 未だ患者の疾患を正確に再現できているとはいえない. 医師の訓練のためには, より正確に疾患を再現させることが必要であり, このためにはまず人間の患者から実際の疾患のデータを取得し, これを本研究で提案した手法に取り込むことで疾患のある運動の再現を実現させる必要がある. また, 本研究ではいかにもロボットらしい自由度を持つロボット腕部ハードウェアを用いて研究を実施したが, 今後人間の患者のデータを取得し, 解析する中で, 疾患を再現するためにはロボットのハードウェアをより人間の筋肉や骨格の配置に近づける必要が生じるこ

とも考えられる。