

患者ロボットによる人間へのビジュアルサーボ及び視線移動

○ 奥村 康輔* 中村 翔* 矢納 陽* 見浪 護* *岡山大学
Eye-Looking Direction to Moving Human with Visual Servoing

○ Kosuke Okumura* Sho Nakamura* Akira Yanou* Mamoru Minami* *Okayama University

Abstract: We have presented a system of patient robot developed with the aim at improving abilities of nursing student's medical treatment. To make patient robot human-like behavior, we propose visual servoing to follow a human face by eye-looking direction to moving human. And, to evaluate the effectiveness with and without eye-looking of patient robot, we execute an experiment that patient robot make behaves like a human by visual servoing...

1. 緒言

今日、高齢化社会が進み、高度な医療技術が求められている。特に看護において人間を相手にした技術向上は重要であり、看護者は患者の様子を常に観察して、患者が安心して安全に看護を受けられるように配慮しなくてはならない。しかし近年安全性や倫理的な側面から、実際の人間を相手にした十分な訓練が行えていないという現状がある。現在、人体を模したファントムと呼ばれる人体モデルもいくつか開発されているが、その多くは医療・看護における部分的な個別技術の技量訓練用であり、人間相手の訓練とは感覚が大きく違うことが問題である。そこでファントムの代わりとなる、実際の人間を相手にしていると感じるようなシミュレータが必要となる。それ故、我々は注射訓練のためのシミュレータである“患者ロボット”を開発した。看護において、患者の安全を確保するだけではなく、患者が安心かつ効率的に看護を受けられるような看護訓練が求められており、患者ロボットは患者の心理状態を表情や身体動作を通して表現する必要がある。そこで、試作した患者ロボットは、搭載したサーボモータと各種アクチュエータにより表情、腕、首、腰の動作が可能であり¹⁾、センサとして目の部分にカメラを搭載している。

本報告では、患者ロボットにより人間らしい動作を行わせるため、人間のように目を用いたより高い追従性能を持つ“患者ロボットの顔を用いたビジュアルサーボ及び動く人間の顔への視線移動”を提案する。更にその最適な制御方法を提案し、動く人間の顔への視線移動実験を行う。

2. 患者ロボット

我々が開発した患者ロボット Fig. 1, Fig. 2 に示す。患者ロボットの頭には二つの CCD カメラを看護訓練を観察する為の目として装着した、そして表情を作り出す為に、いくつかのサーボモータを頭の内部に取り付けた。これらのサーボモータの働きにより、患者ロボットは笑顔、怒り、悲しみ、痛い、といった表情を表すことが可能である²⁾。また、患者ロボットの体の駆動部分を Fig. 2 に示した。

3. ステレオカメラによる認識

3.1 ステレオ視の機構について

本研究では、射影変換をそれぞれの物体への相関関係の射影に利用する。Fig. 3 に示した左右のカメラと対象物の座標系を世界座標系 Σ_W において、対象物座標系 Σ_M 、左右カメラの座標系 Σ_{CR} 、 Σ_{CL} 、左右の画像座標系 Σ_{IR} 、 Σ_{IL} との関係がわかるように表した。目標とする立体モデル上の任意の点 i はこれらの座標に対する同時変換行列を用いることで描画することが出来る。目標物体における Σ_{IR} 、 Σ_{IL} 上の任意の点 i の投影された位置ベクトルは、 ${}^{IR}\mathbf{r}_i$ 、 ${}^{IL}\mathbf{r}_i$ として記述することが出来る。ここで、位置/姿勢など Σ_{CR} に基づく Σ_M

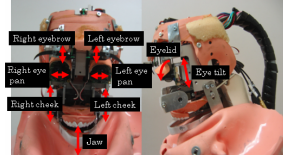


Fig.1 Structure of robot's head

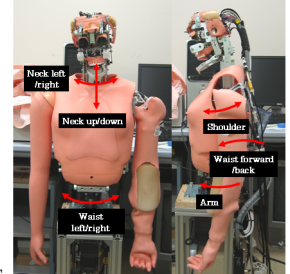


Fig.2 Structure of robot's body

の初期状態における ϕ , θ , ψ , そしてロール、ピッチ、ヨーはそれぞれ $\phi = [t_x, t_y, t_z, \phi, \theta, \psi]^T$ として表される。そして、 ${}^{IR}\mathbf{r}_i$, ${}^{IL}\mathbf{r}_i$ は以下のように記述される。

$$\begin{cases} {}^{IR}\mathbf{r}_i = f_R(\phi, {}^M\mathbf{r}_i) \\ {}^{IL}\mathbf{r}_i = f_L(\phi, {}^M\mathbf{r}_i) \end{cases} \quad (1)$$

3.2 3次元物体認識手法

本論文では、患者ロボットはそれぞれの過程の遷移を自動的に決定する為に人間の頭を認識している。この手法は Model-based Matching 法 (MBM) と genetic algorithm (GA 探索) によって構成されている。

4. ビジュアルサーボ

患者ロボットの動作におけるビジュアルサーボシステムについて説明し、患者ロボットがより人間らしい動作を行うことを実証する。ここで、目標とする人間の頭は患者ロボットの頭に取り付けられた二つのカメラによって認識され、人間の表情を右カメラ画像の中央で観察し続ける為、患者ロボットの頭を制御する。ここでは、我々が^{3, 4)}において説明したモデルベースの認識手法を用い、実時間で頭の姿勢を計測する。Fig.4 において式 (2)、式 (3) から座標系 Σ_{CR} における認識した顔の位置 (x, y, z) を用いることで、 $\Delta\theta_{\hat{M}}$, $\Delta\phi_{\hat{M}}$ が計算できる。

$$\Delta\theta_{\hat{M}} = \text{atan2}(x, z) \quad (2)$$

$$\Delta\phi_{\hat{M}} = \text{atan2}(y, z) \quad (3)$$

ここで、患者ロボットのコントローラについて説明する。以前の患者ロボットは、逐次的に首に角度指示を行うことで目標追従を行っていた。今回は、患者ロボットの首により人間動作をさせ、安定して目標を追従させる為、角速度指示による制御を行う。パン方向の角速度を θ_n 、チルト方向の角速度を ϕ_n とし、 Σ_{CR} における X 軸方向の比例ゲイン K_{px} 、Y 軸方向の比例ゲイン K_{py} とすると以下の式から算出される。

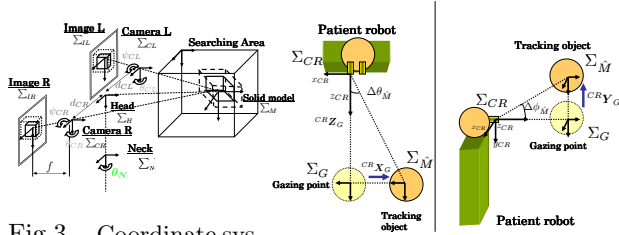


Fig.3 Coordinate system

Fig.4 Angle of servoing

$$\dot{\theta}_n = Kp_x \Delta\theta_{\hat{M}} \quad (4)$$

$$\dot{\phi}_n = Kp_y \Delta\phi_{\hat{M}} \quad (5)$$

次に、患者ロボットに取り付けられた二つのカメラの以下の条件を満たす時に角度指示を行う。時系列は、 $i(0, 1, 2, \dots, i, i+1, \dots, t)$ 、パン方向の角度を θ_e^i 、チルト方向の角度を ϕ_e^i として以下のように記述できる。

$$\theta_e^{i+1} = \begin{cases} \theta_e^i - 6 & [deg] \quad (-6 \leq \Delta\theta_{\hat{M}}) \\ \theta_e^i & [deg] \quad (6 < \Delta\theta_{\hat{M}} < -6) \\ \theta_e^i + 6 & [deg] \quad (\Delta\theta_{\hat{M}} < 6) \end{cases} \quad (6)$$

$$\phi_e^{i+1} = \begin{cases} \phi_e^i - 6 & [deg] \quad (-6 \leq \Delta\phi_{\hat{M}}) \\ \phi_e^i & [deg] \quad (6 < \Delta\phi_{\hat{M}} < -6) \\ \phi_e^i + 6 & [deg] \quad (\Delta\phi_{\hat{M}} < 6) \end{cases} \quad (7)$$

このカメラの駆動は、 $\Delta\theta_{\hat{M}}, \Delta\phi_{\hat{M}}$ の値が大きくなった際に、首だけでは追いつけない対象物までの追従を助ける役割を持つ。このようにして、患者ロボットのパン、チルト角は、 $\Delta\theta_{\hat{M}}, \Delta\phi_{\hat{M}}$ が 0 に収束するように制御する。

5. 実験

患者ロボットの正面に回転体を設置し、首と目による物体追従を維持する実験を行った。患者ロボットは人間の顔を印刷した回転体を追従する。回転体は一定の速度 (0.63[rad/s], 0.21[rad/s], 0.063[rad/s]) で回転させた。3種類の角速度で目追従応答と目追従応答なしの環境で実験を行った。そして、視線方向を測定し、顔の適合度を算出する。

5.1 目追従を用いたビジュアルサーボ

目追従あり、なしそれぞれで患者ロボットに人間の顔を追従をさせる。回転体の角速度を 0.63[rad/s], 0.21[rad/s], 0.063[rad/s] とし、その結果を Fig. 5, Fig. 5 に示した。Table. 1 にそれぞれの角速度での適合度の平均値 \bar{f} を示した。ここで、適合度 f^i は MBM と GA によって算出される。その変数 T は実験時間を示す。

5.2 結果

実験結果は、Fig. 5, Fig. 6 に示したように目追従を用いた場合、人間の顔を追従することが出来る。Table. 1 に示したように、患者ロボットが目追従を用いるか用いないかに関わらず、ほぼ同様の適合度で駆動させることが出来る。人間の顔は目追従を用いない間の方が安定して認識が行える。これは、目追従を用いた場合認識精度は低くなるが、追従性能が高くなったことを意味している。

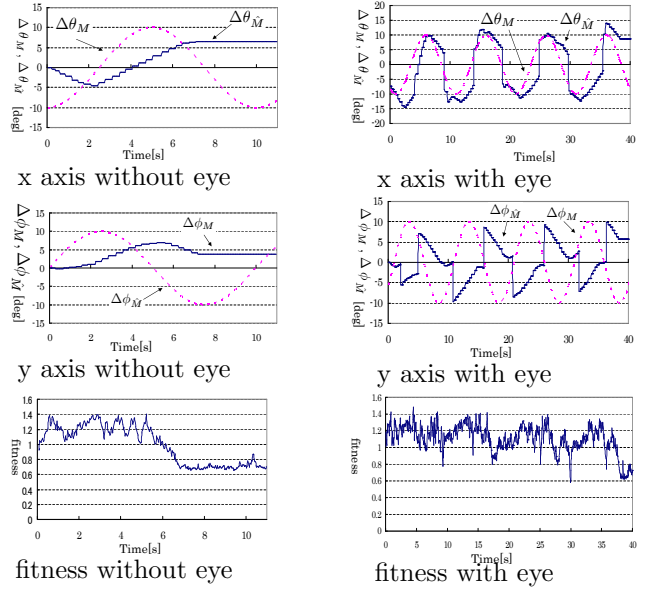


Fig.5 Without eye ($\omega = 0.63[\text{rad/s}]$)

Fig.6 With eye ($\omega = 0.63[\text{rad/s}]$)

angular velocity	(a)	(b)
0.63 rad/s	1.08	0.83
0.21 rad/s	1.20	1.19
0.063 rad/s	1.24	1.24

Table 1 Fitness value average: (a)with eye following, (b)without eye following

6. 結言

本論文では、患者ロボットのシステムについて紹介した。また、人間のような振る舞いをさせる為、患者ロボットにビジュアルサーボで縦横に人間の顔を追従させた。そして、実験結果から目追従を使用することの有効性を提案し、実証することができた。今後は、更に人間らしい振る舞いをさせる為、対象物への追従の際の応答時間の評価と人間らしい患者ロボットの応答時間を制御に取り入れる。

参考文献

- 1) Yasushi Mae, Tomoharu Hashimoto, Satoko Tsuchiya, Mamoru Minami and Takeo Onishi: "Expression Generation of Patient Robot based on Emotion Model," *Journal of RSJ*, vol.25, 2J26, 2007.
- 2) Yoshiro Kitagawa, Tomohito Ishikura, Wei Song, Yasushi Mae, Mamoru Minami and Kanji Tanaka: "Human-like Patient Robot with Chaotic Emotion for Injection Training," *Proc. of ICROS-SICE International Joint Conference*, pp.4635-4640, 2009.
- 3) Fujia Yu, Wei Song, Minami Mamoru and Akira Yanou: "Visual Servoing with Quick Eye-Vergence to Enhance Trackability and Stability," *Proc. of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2010.
- 4) Sho Nakamura, Kosuke Okumura, Akira Yanou and Mamoru Minami: "Visual Servoing of Patient Robot's Face and Eye-Looking Direction to Moving Human," *SICE Annual Conference 2011*, pp.1314-1319, 2011.