

ツインポリッシャロボットのための オムニホイールを用いた位置・姿勢角検出システム

久繁 哲史[†] 布施 嘉裕[‡] 丹沢 勉[†] 清弘 智昭[‡]
 山梨大学[†] 山梨県富士工業技術センター[‡] 山梨大学[†] 山梨大学[‡]

1. はじめに

近年、人間が操作することなく自律的に床面を清掃するロボットが開発されており、実際に清掃現場において使用される例も増加している。しかし、床を磨くためのポリッシャを用いる清掃ロボットはポリッシャから生じる反動を抑えるために重量化かつ大型化している。そのため、廊下や部屋などの狭い場所や入り組んだ場所を清掃することを目的とした小型、軽量、全方向移動が可能な床磨きロボットが求められている。

この要求を満たすために、ポリッシャの反動を推進力として利用することで小型軽量化したツインポリッシャロボットが開発された。これは、2個のポリッシャの傾きを組み合わせることで、任意の姿勢角で任意の方向に進むことができるものである。

従来、ツインポリッシャロボットの位置及び姿勢角検出用のセンサとして車輪とその回転角を検出するロータリーエンコーダを組み合わせたものが使用されている。しかし、全方向移動可能なロボットでは長時間駆動させるとロボットとセンサの姿勢角が一致しなくなり、コード等でセンサが固定されてしまい位置及び姿勢角が検出できなくなるという問題が発生した。

本発表では任意の姿勢角で全方向移動可能なロボットにおいて、ロボットとセンサの姿勢角が一致し、正確に位置及び姿勢角を検出することができるセンサについて述べる。

2. ツインポリッシャロボット

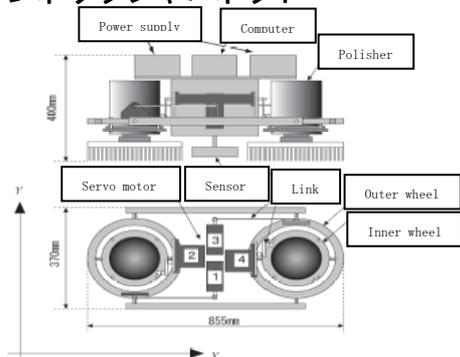


Fig. 1 twin brushes polishing robot

Fig. 1に示すように本ロボットは2個のポリッシャと4個のラジコン用サーボモータから構成される。ポリッシャはジンバル機構により2つの自由度を持ち、4個のラジコン用サーボモ

ータでポリッシャを任意の方向と角度に傾けることができる。また、ポリッシャの反動を推進力として用い任意の姿勢角で任意の方向に移動することができる。

3. オムニホイールを用いた位置・姿勢角検出センサ

3.1 構造

オムニホイールを用いた位置及び姿勢角検出センサをFig. 2に示す。オムニホイールとはホイールの円周方向と垂直な方向には自由に回転するホイールで、今回はオムニホイールには外径48.4mmのウレタンオムニTYPE2571を、ロータリーエンコーダには300pprのRE-30Eを使用した。オムニホイールとロータリーエンコーダをカップリングで繋ぎ、位置及び姿勢角を検出するために120度ごとに3つ配置した。

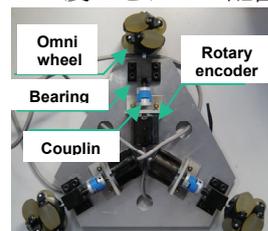


Fig. 2 Position and attitude angle detecting sensor using omni wheels

3.2 座標計算

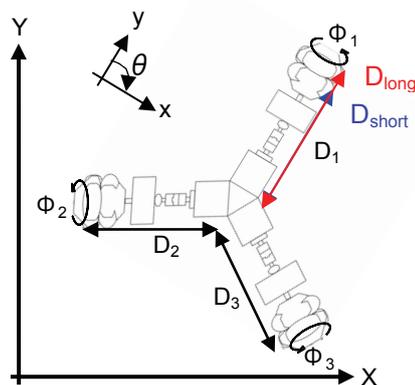


Fig. 3 wheels arrangement

3つのオムニホイールの回転角度をそれぞれ ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 、センサの中心からホイールが接地している距離をそれぞれ D_1, D_2, D_3 、ホイールの半径を r とすると、Fig. 3から時刻 t におけるセンサのローカル座標 x_t, y_t 及びセンサの姿勢角 θ_t は

$$\Delta x_t = \frac{r}{D_1 + D_2 + D_3} [(D_2 + D_3)\Delta\phi_1 - D_1\Delta\phi_2 - D_1\Delta\phi_3] \quad (1)$$

$$\Delta\phi_i = \frac{r}{D_1+D_2+D_3} \left[\left(\frac{1}{\sqrt{3}}D_2 + \frac{1}{\sqrt{3}}D_3 \right) \Delta\phi_1 + \left(\frac{1}{\sqrt{3}}D_1 + \frac{2}{\sqrt{3}}D_3 \right) \Delta\phi_2 + \left(\frac{1}{\sqrt{3}}D_1 - \frac{2}{\sqrt{3}}D_2 \right) \Delta\phi_3 \right] \quad (2)$$

$$\theta_t = \frac{r}{D_1+D_2+D_3} [\Delta\phi_1 + \Delta\phi_2 + \Delta\phi_3] + \theta_{t-1} \quad (3)$$

$$\Delta\phi = \phi_t - \phi_{t-1} \quad (4)$$

となる。ここで、 $\Delta\phi$ は時刻 t と $t-1$ のホイールの回転角の差である。また、ロボットのグローバル座標 X_t 、 Y_t は式(1)~(3)より

$$X_t = \Delta x_t \cdot \cos\theta_t + \Delta y_t \cdot \sin\theta_t + X_{t-1} \quad (5)$$

$$Y_t = -\Delta x_t \cdot \sin\theta_t + \Delta y_t \cdot \cos\theta_t + Y_{t-1} \quad (6)$$

となる。

3.3 オムニホイールの特徴

オムニホイールはホイールを2つ重ねて1つのホイールとしているので地面と接するホイールがホイールの回転角によって異なる。これは、 D がホイールの回転角度 ϕ によって変化するということである。従って D と ϕ の関係を、

$$D = \frac{\Delta\phi_{short}}{\Delta\phi_{short} + \Delta\phi_{long}} D_{short} + \frac{\Delta\phi_{long}}{\Delta\phi_{short} + \Delta\phi_{long}} D_{long} \quad (7)$$

と表す。ここで、 $\Delta\phi_{short}$ は D_{short} 時の $\Delta\phi$ 、 $\Delta\phi_{long}$ は D_{long} 時の $\Delta\phi$ で、 $D_{short} = 112.8[mm]$ 、 $D_{long} = 129.9[mm]$ である。

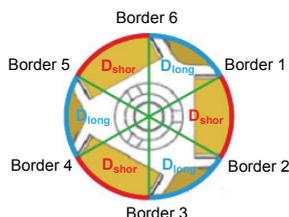


Fig.4 Position of lateral rollers

4. センサの測定精度の検証

4.1 位置の精度検証

まず位置の精度の検証を行った。検証方法として、リニアアクチュエータにセンサを θ 方向に -30° 傾けた状態でとりつけ、 $240mm \times 240mm$ の正方形上を周回させ、これを3回行った。まず D_1 、 D_2 、 D_3 に D_{short} と D_{long} の平均値を代入した結果をFig.5に示す。

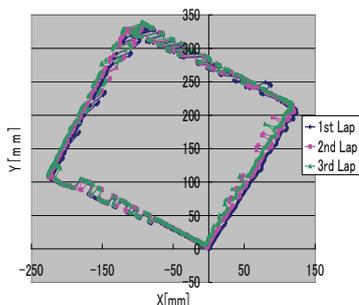


Fig.5 Experimental result with unchanged D

Fig.5より、直線的に移動させたにもかかわらず

ず検出位置が大きく振動した。次に D_1 、 D_2 、 D_3 に式(7)を用いた結果をFig.6に示す。

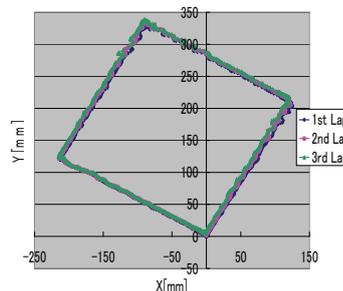


Fig.6 Experimental result with dynamic changed D

Fig.6より、Fig.5に見られたような振動は見られなくなった。以上のことからオムニホイールの特徴を考慮することで正確な位置の検出が行えることがわかった。

4.2 姿勢角の精度検証

次にセンサの姿勢角の精度の検証を行った。360度回転させる毎に一時停止させる動きを5回繰り返した。その結果をFig.7に示す。Fig.7より、停止時は姿勢角の検出結果が360度を指している。このことから姿勢角の検出が行えることがわかった。

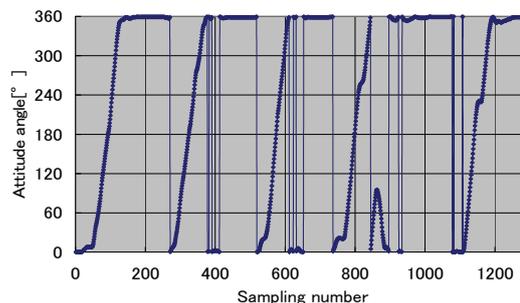


Fig.7 Experimental result of rotated angle

5. 終わりに

オムニホイールを使用した全方向に移動可能な位置・姿勢角検出センサを用いて姿勢角と位置を測定することができた。得られた姿勢角と位置を用いてロボットの位置制御を行っていく。

参考文献

[1] H.Furiya,N.Kiyohiro,T.Tanzawa: "Floor Polishing Robot Driven by Self Propulsive Force", Proc. of International Conference on Advanced Mechatronics, pp.208-213,1993.
 [2] 降矢裕, 清弘智昭: "床磨きロボットの自己推進制御", 日本ロボット学会誌,13,6,pp.854-859,1995.
 [3] H.Furiya,N.Kiyohiro,T.Tanzawa: "The Motion Control for Twin Brushes Polishing Robot", Proc. of 3rd IASTED International Conference of Control and Application, pp.222-227,1995.
 [4] 布施嘉裕, 丹沢勉, 清弘智昭: "全方向移動床磨きロボットへの非干渉PID制御の適用", 日本ロボット学会誌,27,6,pp.679-684,2009.

Position and attitude angle detecting system using omni wheels for Twin Brushes Polishing Robot

†Akifumi Hisashige · University of Yamanashi

‡Yoshihiro Fuse · Yamanashi Pref. Fuji Industrial Technology Center

† Tsutomu Tanzawa · University of Yamanashi

‡ Noriaki Kiyohiro · University of Yamanashi