

脚ロボットの歩行誤差解析に基づく脚配置と歩行姿勢評価

学籍番号：90109122

新井研究室

西田 達彦

1 はじめに

建設土木や災害救助などの屋外未知環境における作業において、踏破能力の面から脚ロボットの活躍が期待されている。このような環境下において、脚ロボットの自己位置推定は重要である。脚の接地および各関節角度がわかればロボットは自己位置を推定できる。しかし、推定した位置・姿勢には脚接地地点および各関節の誤差が含まれる。よって移動するたびに誤差が伝播し、蓄積される。本研究では脚ロボットの歩行動作における誤差解析に微小変位誤差解析の解析手法を適用する。また、この誤差解析手法を用いて、脚ロボットの姿勢や脚の配置、歩行についての評価を行った。

2 脚ロボットの歩行誤差解析

ロボット本体の位置・姿勢を X , その誤差を δX で表す。また、ある一つの脚について脚接地地点を Y , その誤差を δY とし、関節変位を θ , その誤差を $\delta \theta$ とする。 n 回目の遊脚の接地時における脚接地誤差を δY_n とし、離地時での支持脚の関節誤差を $\delta \theta_1$ とすると、離地時での本体誤差は逆運動学をもとに(1)式で表される。また本体誤差が δX , 遊脚接地時での関節誤差を $\delta \theta_2$ とすると、離地時での脚接地地点誤差は順運動学をもとに(2)式で表される。

$$\delta X = A \delta Y_n + B \delta \theta_1 \quad (1)$$

$$\delta Y_{n+1} = C \delta X + D \delta \theta_2 \quad (2)$$

ここで、関節誤差が姿勢によらず一定 ($\delta \theta = \delta \theta_1 = \delta \theta_2$) のとき(2)式を(1)式に代入すると、

$$\delta X_{n+1} = K \delta X_n + L \delta \theta \quad (3)$$

と書ける。この漸化式から

$$\delta X_{n+1} = P \delta X_0 + Q \delta \theta \quad (4)$$

と書ける。(4)式の P, Q を解析することで脚配置や歩行姿勢による誤差の伝播を調べる。

3 解析結果

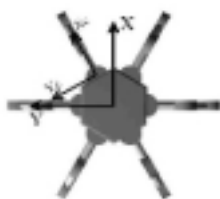


Fig1 脚放射配置型

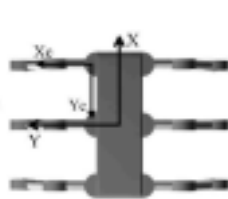


Fig2 脚並行配置型

本実験にはFig1,2の2種類のロボットを用いた。Fig1は脚の配置が放射状になっており、全方向への安定した移動が期待できる。

脚放射配置型のストロークを一定(0.006m)にして本体高0.10,0.12,0.14,0.16mで、それぞれ100歩ずつ歩行した場合の本体の姿勢と歩行誤差の関係を調べた(Fig3)。横軸は本体高で、縦軸は誤差の拡大率である。ここでいう誤差の拡大率とは P, Q を特異値分解して得た x, y, z 方向の特異値を掛けて3乗根をとったものである。歩行誤差は本体の姿勢が高くなるに従って大きくなる。これは姿勢が高くなるに従って、

脚が特異姿勢に近づくためである。

各姿勢における最大ストロークで歩行したときの歩行距離と誤差の蓄積の関係についてはFig4に示す。Fig4においては歩行距離が増えるにつれ、誤差が大きくなっていることがわかる。さらに、本体の姿勢が高くなるにつれて同じ歩行距離でも誤差は大きくなることもわかる。これはFig3で示したように、姿勢が高くなるほど特異姿勢に近づくためである。

また、Fig1, Fig2のそれぞれの機構について、本体高0.14m, ストローク0.0274m, X軸方向を0°として、進行方向0°~360°で100歩歩行した時の誤差を調べた(Fig5)。脚放射配置型に比べて脚並行配置型は進行方向0°の時の誤差は小さいが、脚の取り付け位置方向へ進行する場合には誤差は明らかに大きくなった。それに対して脚放射配置型は進行方向によらず、誤差にそれほど大きな変化はなかった。このことから脚放射配置型が全方位に対して安定した移動性を持つことがわかる。

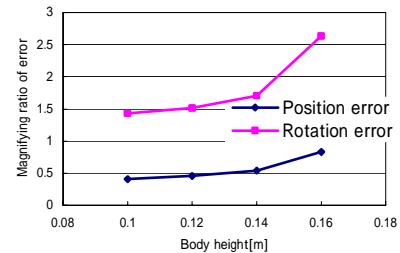


Fig3 Error analysis in the fixed stroke

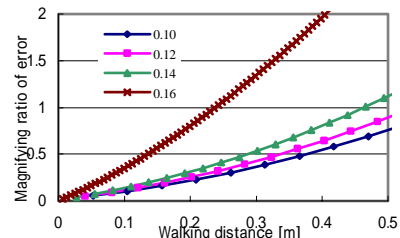


Fig4 Error analysis of ASTERISK

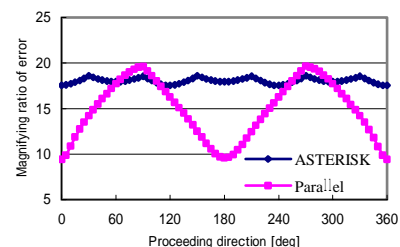


Fig5 Error analysis of Parallel type

4 まとめ

本報告では、脚ロボットの歩行誤差解析の手法の提案と、その適用を行なった。本手法を用いることで、本体の姿勢と誤差の関係がわかった。さらに脚並行配置との比較により、放射状の脚配置の有効性がわかった。