

B4-7 解体用重機と協調した自走型散水システムの試作

知能システム制御研究室 米村 小太郎

1. はじめに

近年、産業全体で少子高齢化が進んでおり、中でも建設業者の少子高齢化は深刻で問題視されている。また、建設業者が建築物の解体を行う際は、粉塵被害の抑制が求められている。しかし、重機には適切な位置から散水を行う必要があり、作業者に負担がかかるうえ、建築物の倒壊などの事故に遭う危険を伴っていた。これらの問題を解決するために本研究では、散水機が自走して適切な位置から散水を行うシステムを実装することを考えた。

散水システムでは、GNSS[1]を用いて位置情報を特定し、散水対象へのリアルタイムな追従角度の演算を行う。演算時には1次LPFを用いて、散水機が移動中でも滑らかな追従を行うように工夫した。

本研究では、移動機と散水対象のGNSS情報を用いて、散水機の絶対角度や方位を求めた。そして、それらの数値から演算した追従角度をサーボモータに与え、対象物を追従する精度を確認した。

2. GNSSを用いた追従性の確認

2.1 自走型散水機による追従実験概要

本研究では、移動機側と固定機側のGNSS情報を取得してサーバPCに送信し、追従角度と散水距離の演算を行う。その後、自走型散水機に搭載しているサーボモータへ演算された追従角度を与えることによって、サーボモータが解体用重機の方角を向いて散水を行うという流れを想定している。なお、機材を実際に用意するのは困難なため、検証実験では解体用重機を三脚に設置したアンテナで、散水機構をサーボモータとUSBカメラで代用している。

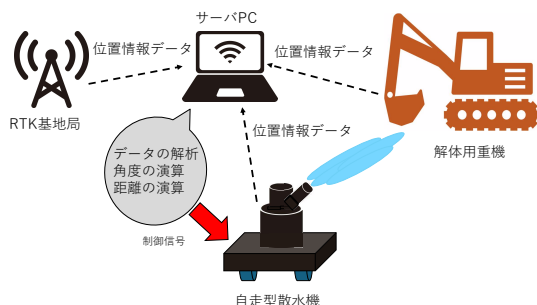


Fig. 1 全体的なシステム像

2.2 位置情報を用いた追従角度の演算

2点間の方位角を演算するうえで、 $\text{atan2}(y, x)$ という関数を用いた。この関数は、任意の x , y 座標を入力した際に、入力された x 座標と y 座標のアークタンジェントを返す関数であり、角度は $-\pi \sim \pi$ の範囲内のラジアン型で示される。

移動機側の緯度を y_1 、固定機側の緯度を y_2 とし、地球の扁平率を $f = 1.0/298.257222101$ とすると、以下の (1), (2) 式が求まる。

$$u_1 = \tan^{-1}[(1-f)\tan(y_1)] \quad (1)$$

$$u_2 = \tan^{-1}[(1-f)\tan(y_2)] \quad (2)$$

次に、移動機側の経度を x_1 、固定機側の経度を x_2 とし、(3) 式を用いて追従角度 θ は以下の (4) 式で求めることができる。

$$L = x_2 - x_1 \quad (3)$$

$$\theta = \text{atan2}(\sin L, \cos u_1 \tan u_2 - \sin u_1 \cos L) \times \frac{180}{\pi} \quad (4)$$

次に、角度の定義を以下の Fig. 2 に示す。 θ_E は移動機から見た散水対象の角度、 θ_r は車体の絶対角度、 θ_s はサーボモータの追従角度を示している。これらの角度の定義をもとに、サーボモータの追従角度 θ_s は以下の (5) 式のようになる。

$$\theta_s = 90 + (\theta_E - \theta_r) \quad (5)$$

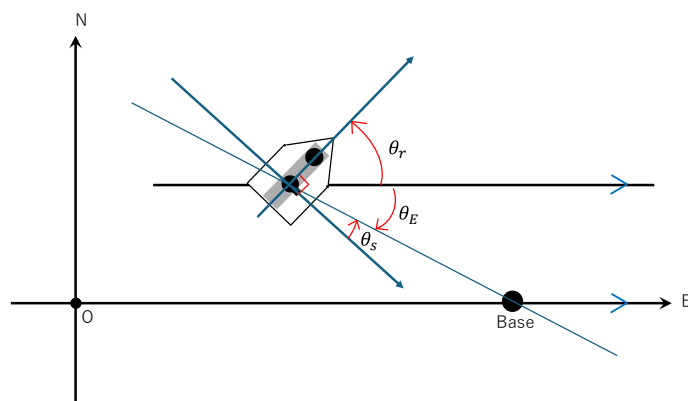


Fig. 2 本実験における角度の定義

2.3 作成した散水システムの概要

以下の Fig. 3 は散水機を想定して作成した、ラジコンで遠隔操作可能な散水システムであり、車体の幅や高さは記載している寸法のとおりである。上部のアルミ棒にはアンテナを2台取り付けることができ、2台の位置情報をもとに散水機の絶対角度を求めて追従角度の演算に用いる。また、車体のバランスを考慮して、車体後方に車輪を取り付けて重心を安定させている。

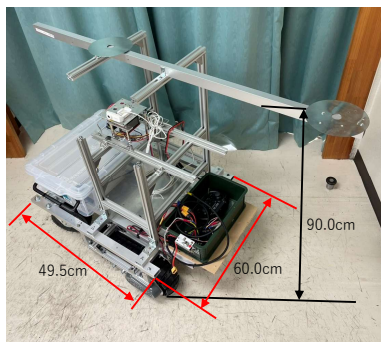


Fig. 3 作成した自走型散水機

3. 追従性の検証実験

本研究では、移動機をラジコン操作で走行させ、8.5m 先に置いた固定機をサーボモータが追従するか確認を行った。Fig. 4 より、移動機が走行している経路が確認できる。また、Fig. 5 より、演算上の照準位置が真値から X,Y 方向に 4cm 程度の誤差を含むことがわかる。RTK-GNSS 測位の保証精度は 3cm なので、精度が落ちているが、実際の散水状況考えると今回発生した誤差ならば問題なく散水が行えると考えられる。Fig. 6(a)(b)(d)(e)(f) では静止時に固定機側を追従していることがわかるが、Fig. 6(c) より、移動中に追従が遅れていることを確認した。

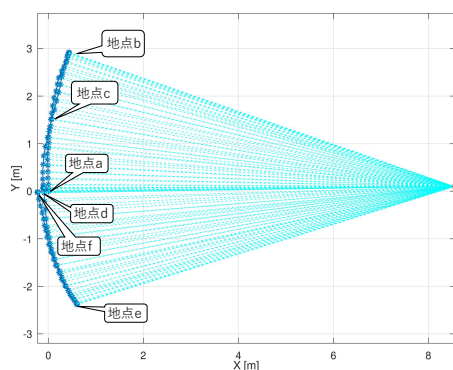


Fig. 4 移動機の走行経路

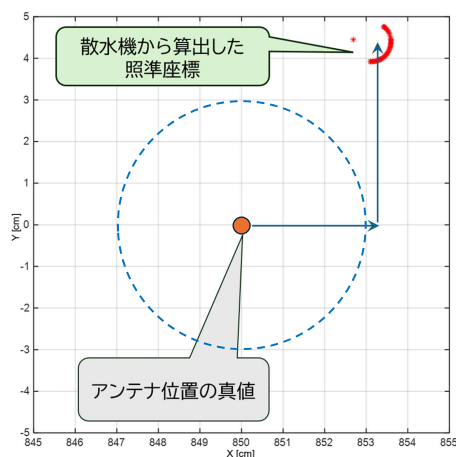


Fig. 5 アンテナ付近の散水機の照準座標



(a) 地点 a での追従結果



(b) 地点 b での追従結果



(c) 地点 c での追従結果



(d) 地点 d での追従結果



(e) 地点 e での追従結果



(f) 地点 f での追従結果

Fig. 6 各地点における追従の様子

4. まとめ

検証実験では、移動後の静止状態で散水対象への追従性が優れていることが確認できた。一方で、移動中に関しては複数の遅延が積み重なり、追従が追いついていない場面が見られた。主な遅延の原因として、位置情報の受信遅れ、PC 間の通信による遅延、追従角度の演算時の遅延、サーボモータの機械的な動作遅れなどが挙げられる。なお、これらの複数の要因からなる追従遅れは最大で 0.45 秒程度であった。

移動中の追従に関しては、追従遅れがあるものの、現場で使われている解体用重機におけるアーム部分の旋回速度と比べると十分に追従が間に合うと考えられる。

参考文献

- [1] 国土交通省 国土地理院 "GNSS 測位とは"
https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi_aboutGNSS.html (参照日 2024 年 1 月 28 日)
- [2] 今井友哉, "複数台の監視ロボットによる圃場巡回計画", 鳥取大学卒業論文, 2024