

マーカー画像を用いた室内位置推定手法の無人機制御への適用性の評価

葉玉 寿弥[†] 小倉 雅樹[†] 中村 僚兵[†]

防衛大学校 理工学研究科 電子工学専攻[†]

1 はじめに

空中からの映像撮影など小型無人機(UV)の利用が検討されている[1]。屋内においても物資の配達、監視その他の用途に期待が高い。我々は、通信ネットワークを介してUVと接続されているサーバが制御を司るネットワーク制御型UVの実現を目指している。通信ネットワークとして、広く普及しているインターネットと移動通信網を用いれば、多くの場所で活動できるUVを低コストで実現できる。UV制御に必要な機能を極力サーバ側に配置すれば、通信端末であるUVの機能は簡単になり低廉化できる。

我々は地上を走行するネットワーク制御型UVを模型自動車を用いて作成し、インターネットと第4世代移動通信網経由での制御実験を実施した[2]。その結果、車載カメラの映像(前方・周辺)を見ながらの操縦で、歩行速度程度の走行は可能なことを確認した。しかし、ハンドル制御は、タイミングにクリティカルでネットワークの伝送遅延の影響が大きく、走行速度が大きくなると適確な操縦が困難化することが分かった。遅延のある通信ネットワークを用いた遠隔制御によって正しい経路上をより高速に正確に走行させるためには、UVの位置を把握し、制御信号の伝送遅延を考慮した未来の位置をサーバ側で推測することが有効であると考えられる。

本稿では、伝送遅延時間のあるネットワークを介して遠隔制御を円滑に行う工夫として、位置予測に基づく遠隔制御法を提案し、要求条件を述べる。このために必要な室内位置測定技術として画像認識に基づく方法が最も有望と考えられる。マーカー画像を用いたこのような手法について基本的な特性評価を行ったので報告する。

2 無人機の位置測定と位置予測

図1にネットワーク制御型無人機(UV)の制御系の構成を示す。また、図2に走行制御のための位置測定と位置予測の概念図を示す。UVの位

置情報を用いれば、車載カメラ映像のみを手掛かりにする場合と比べ、遠隔制御を容易化できると予想される。俊敏なUVの制御に位置情報を用いる場合、移動に伴い時々刻々変化する位置を短周期・高精度で計測することが求められる。50cm程度のサイズの小型UVが正しい走行経路から逸脱することを検出しようとする、15cm程度以内の測定精度が求められる。また、10m/s程度の速度で走行するUVの1m毎の位置を把握しようとするれば100ms程度の周期で位置測定を行う必要がある。

サーバが制御信号を送信してからUVが受信するまでにはネットワークによる伝送遅延時間(d)がかかる。そこで、サーバが、既に送信した制御信号へのUVの反応も含め現在からd秒後の位置を予測して制御に利用する手法を提案する。本予測に基づけば、次に送出する制御信号を適切に選択することが容易になると考えられる。

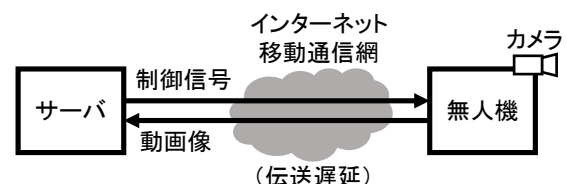


図1 ネットワーク制御型無人機

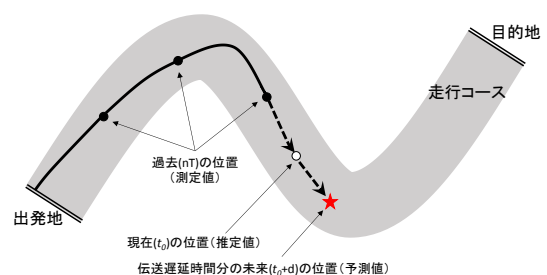


図2 位置測定と位置予測

3 室内位置測定技術

カメラを用いた室内位置推定技術については様々な検討(例えば[3][4])があり、cmオーダの精度が期待できる。映像情報を用いる方法は端末機器コストの点でも魅力的である。本稿では、予め位置と方向がわかっているマーカー画

An evaluation of marker-based indoor positioning technique for unmanned vehicle controls

[†]Hisaya Hadama, [†]Masaki Ogura, and [†]Ryohei Nakamura

[†]Graduate School of Science and Engineering, Electronic Engineering, National Defense Academy

像を用いて室内位置を測定する簡便な手法を用いて、無人機制御への適用性を検討した。

本検討で用いたマーカー画像を図3に示す。円A・円Bの外縁の直径の比は2:1で、それぞれ、14.4cm・7.2cmである。円形の抽出を容易にするため円Aは赤色、円Bは青色とした。この平面画像を室内天井面に水平下向きに貼る。円Aの中心位置は既知であり、円Bの中心は円Aの中心の真北方向とした。車載カメラで見上げて撮影したマーカーのJPEG画像(960×1,280ピクセル、ビットの深さ24、データ量は約450kB)をサーバへ送り、サーバがUVの位置を計算する。

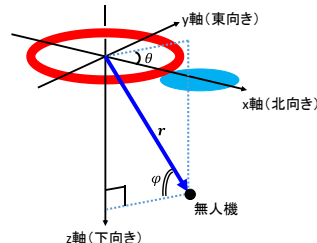
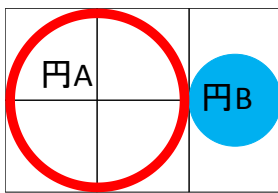


図3 マーカー画像 図4 マーカーと座標

図4のように円Aの中心を原点とする座標をとり、次のように位置を算出した。＜距離r＞撮影画像上で円A,Bを楕円(中心をそれぞれ O_a, O_b とする)とみなす。画像倍率一定の時、楕円Aの長軸長(L)は $1/r$ に比例する。比例定数を予め求めておき、長軸長からrを求めた。＜仰角 ϕ ＞楕円Aの短軸長とLの比が $\sin \phi$ と考え ϕ を求めた。＜方位角 θ ＞楕円Aの長軸上に O_b から降ろした垂線の足を点Pとし、線分 O_aP の長さSとする。 $\cos \theta = \{(3/2)L\}/S$ と考えた。 O_b が O_a よりも右下、右上、左上、左下にある場合に、それぞれ、UVは東南方向、北東方向、北西方向、南西方向にあると判断し、 θ を一意に決定した。

4 評価

まず、本方法に必要な伝送レートを見積もった。100ms周期で位置を計測するためには毎秒10枚の伝送が必要である。450kB(=3.7Mbit)の画像からマーカー図形のみを抽出したJPEG画像では50kB(=0.41Mbit)程度であった。UV側でマーカー図形の抽出の処理を行うとすれば6.0Mb/sの通信チャネルがあればよく、移動通信網で実現可能な伝送レートに収まると考えられる。

次に、位置測定の精度を評価した。UVの位置を、方位角 θ を90度(真東の方向)・仰角を60度に固定し、距離を変化させた場合のr、 ϕ の測定値を図5に示す。rについては、9m離れた位置からでも13.3cmの誤差に留まることが分かった。これに対して、 ϕ は10度程度の誤差を生じてしまうことが分かった。 θ についてはさらに大き

な誤差が生じることも分かった。角度上の10度の誤差は9m離れると1.5m以上の位置の誤差となるため、本方法の角度の測定値をUV制御に利用することは不適と判断した。しかし、距離rについての誤差は小さい。3つのマーカーを使い異なる三点からの距離を求めることにより、本稿で述べた簡便な手法によっても所望の位置測定精度を達成することは可能と考えられる。

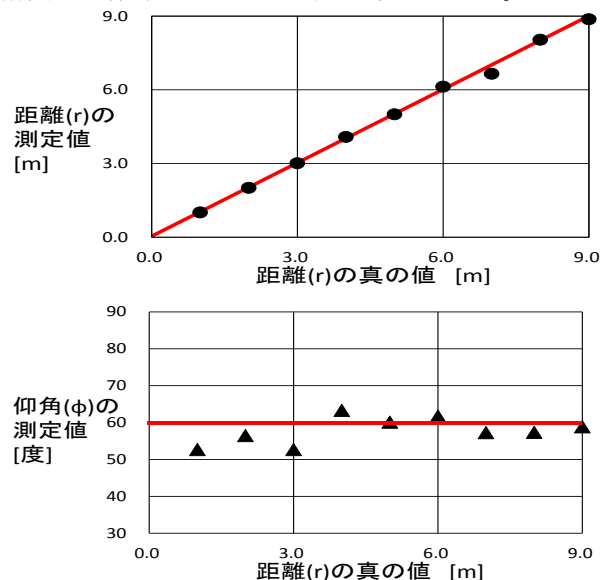


図5 真の位置と測定値(距離r・仰角 ϕ)

5 まとめ

位置測定結果に基づき位置予測を行う無人機遠隔制御法を提案した。車載カメラによる映像情報を用いた位置測定法を評価した結果、簡便な手法でも適用可能性があることを示した。高度な位置測定法の適用による高精度化が期待できる。位置予測法の具体化が今後の課題である。

参考文献

- [1] 佐々修一, “無人機の動向と課題”, システム制御情報学会、システム/制御/情報, 第58巻, 第2号, pp. 51-56, 2014.
- [2] 小倉雅樹, 中村僚兵, 葉玉寿弥, “モバイル網を利用した遠隔無人機制御のためのスパイク遅延回避法の検討”, 電子情報通信学会, 技術研究報告, CS, Jan 2016.
- [3] 山崎俊太郎, 持丸正明, 金出武雄, “一人称ビジョンシステムのための自己位置推定法”, 電子情報通信学会, 技術研究報告, IE2010-27, May 2010.
- [4] 服部聖彦, 藤井哲也, 門洋一, 張兵, “2時限マーカーを用いた屋内ユーザ位置・方向推定システムの検証”, 情報処理学会, 研究報告, 2008-UBI-17, March 2008.