

# 小型無人飛行体を用いた個人用知的移動体の安全性の向上

山崎 駿<sup>†</sup> 尾崎 宏樹<sup>††</sup> 矢田 幸大<sup>††</sup> 長尾 確<sup>††</sup>

名古屋大学 工学部電気電子・情報工学科<sup>†</sup> 名古屋大学 大学院情報科学研究科<sup>††</sup>

## 1. はじめに

我々の研究室では、個人用知的移動体 AT(Attentive Townvehicle)と呼ばれる、搭乗者の行きたい場所まで自動で移動する個人用の乗り物の研究・開発を行っている(図 1)。自動走行する移動体の最大の課題は移動体が歩行者などの移動障害物に衝突することなく安全に目的地まで走行することである。特に移動体の死角から接近する移動障害物との衝突を回避することは重要な問題の一つである。従来の研究では、自律走行可能な小型無人移動体(SUV: Small Unmanned Vehicle)を AT の拡張センサーとして用いる手法が提案されている[1]。具体的には、AT の搭乗者によって目的地が決められ、その経路を SUV が先行することによって、経路上で死角等があり特に走行に注意すべき場所(注意区間)を自動的に検出し、その場所を減速して通過し、移動障害物を発見した場合はその情報を後行する AT に送信するというものである。しかし、上記のアルゴリズムでは、AT と移動障害物の接触・衝突を避けることはできるが、注意区間において SUV と移動障害物が接触・衝突する可能性がある。地上を走行する SUV は、移動障害物の行動を予測し、その上で回避行動をとらなければならないが、一般的に移動障害物の正確な行動を予測するのは難しく、特に人間の行動は不確実性が高いので、死角から急に現れた移動障害物との衝突回避が困難となる場合が多い。そこで本研究では、自律飛行可能な小型無人飛行体(SUAV: Small Unmanned Aerial Vehicle)を AT の新たな拡張センサーとして用いることで、上記の問題を解決する手法を提案する。

## 2. 小型無人飛行体(SUAV)

移動障害物よりも高い位置を飛ぶことができれば、簡単に、確実に移動障害物との接触・衝突を回避することができるであろう。そのような直感から、小型で無人の移動体が AT の周囲を



図 1. 個人用知的移動体の外観

飛行して観測できれば、AT の搭乗者や、それを取り巻く環境の安全性が向上するのではないかとこの着想に至り、提案されたものが SUAV である。SUAV の外観は(図 2)のようになっており、クワッドコプターの飛行体をベースとして、レンジセンサーを搭載している。SUAV は、レンジセンサーと環境を認識するために必要な環境地図(2次元のセンサー地図)を利用して、自己位置推定や移動障害物の検出を行うことができる。リアルタイムに自身の位置と向きを認識することができるため、任意の経路に沿った柔軟な自律飛行が可能である。



図 2. 小型無人飛行体の外観

## 3. 移動体間連携による安全自動走行

SUAV は基本的に低空飛行を行い、レンジセンサーを用いて移動障害物を検出・追跡し、その移動障害物との衝突予測を行う。衝突を予測した場合、SUAV は移動障害物の高さより高い位置まで上昇し、移動障害物が通り過ぎたと判断したら下降して、再び低空飛行を行う。ここで、上昇した SUAV が下降するために、どのように周囲の状況を安全と判断するかということが問題になる。そこで、本研究ではこの問題を

Improvement of Safety of a Personal Intelligent Vehicle by Cooperation with a Small Unmanned Aerial Vehicle

<sup>†</sup> YAMAZAKI, Suguru (yamazaki@nagao.nuie.nagoya-u.ac.jp)

<sup>††</sup> OSAKI, Hiroki (osaki@nagao.nuie.nagoya-u.ac.jp)

<sup>††</sup> YATA, Yukihiro (yata@nagao.nuie.nagoya-u.ac.jp)

<sup>††</sup> NAGAO, Katashi (nagao@nuie.nagoya-u.ac.jp)

Dept. of Information Engineering, School of Engineering, Nagoya University(<sup>†</sup>)

Graduate School of Information Science, Nagoya University(<sup>††</sup>)

解決するために、AT と SUAV のセンサー統合による移動障害物の追跡手法を考案し、SUAV との連携における AT の安全自動走行についての手法を提案する。具体的な手順を以下に示す。

AT の搭乗者が目的地を入力すると、AT は目的地までの経路を生成し、その経路を SUAV に送信する。その後、SUAV は AT に先行し、経路に沿って目的地への飛行を行う。SUAV は自身のレンジセンサーで移動障害物を検出・追跡し、その情報を AT に継続的に送信する。AT は SUAV から受け取った移動障害物の情報と自身のレンジセンサーで検出された移動障害物の情報を比較し、移動障害物を追跡する。SUAV は、移動障害物との接触・衝突を予測し、衝突を予測した場合は移動障害物の高さより高い位置まで上昇する。SUAV は上昇することで、レンジセンサーにより移動障害物を検出することができなくなるが、衝突予測があった移動障害物について、これまでの情報から次の動きを予測し、その情報を AT に継続的に伝達する。上昇後、SUAV は自分の現在地から AT の前方 2m 以内の位置まで戻る経路を計算し、高度を維持した状態でその位置まで飛行を行う。AT の近くに移動することで、AT のセンサー情報を利用して SUAV が下降できるという判断をすることができる。SUAV が AT の近くに到達したら、AT は、追跡している全ての移動障害物の情報から SUAV が下降しても安全かどうかを判断し、それを SUAV に伝達する。SUAV は、下降しても良いと判断されたら、下降し、再び目的地への飛行を開始する。

以上のような仕組みで、SUAV が下降する際の危険性を回避できると考えられる。

**4. 複数移動体のセンサー統合による移動障害物の追跡**

移動障害物を追跡する際、追跡対象物が他の障害物によって検出不能になったり、追跡対象物同士が重なることにより、一時的に観測値が得られなくなる問題が生じる。特に上昇後の SUAV は、レンジセンサーによる観測値が得られなくなった場合でも、追跡対象物の行動を予測する必要がある。そこで本研究では、移動障害物の運動モデルを等速度運動と仮定し、カルマンフィルタに基づく追跡手法を利用した[2]。追跡対象物は ID で管理されており、追跡対象物に対応付けられる検出障害物が存在しない場合、カルマンフィルタにより次の位置を予測する。

SUAV と AT が追跡対象物を共有する利点は、SUAV と衝突予測判定のあった追跡対象物について、SUAV が上昇後に見失っても、AT によ

って追跡できることである。また、AT は、死角から接近している移動障害物が存在するという情報等を知ることができ、SUAV が下降する際の危険性を回避するだけでなく、AT の安全性を向上させることもできると考えられる(図 3)。

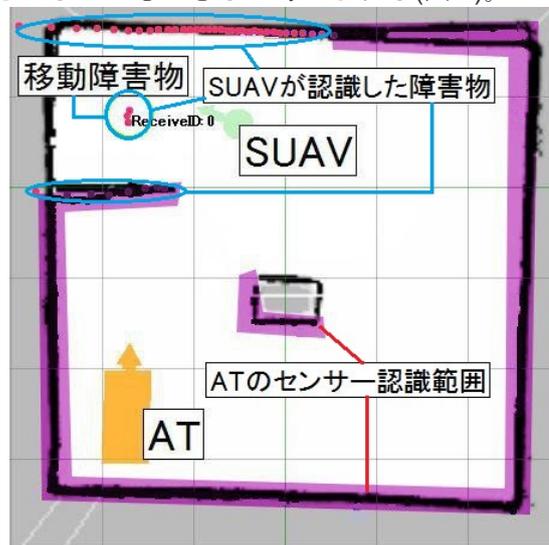


図 3. AT の死角から接近する移動障害物を検出し、その情報を AT に伝達する SUAV

**5. シミュレーションによる実験について**

前章までで説明した SUAV との連携における AT の安全自動走行についての手法の有効性を示すために、シミュレータを用いて評価を行う。実験内容は次の通りである。ランダムに決められた目的地に AT が向かい、SUAV はそれに先行し、注意区間付近で SUAV と AT が移動障害物とそれぞれ衝突した回数を計測する。シミュレーションの終了条件は SUAV の回避行動が 100 回生じた時とする。

**6. おわりに**

本研究では、AT の拡張センサーとして SUV の代わりに SUAV を用いる手法を提案した。しかしながら、死角から接近する移動障害物と SUAV が出合い頭に接触・衝突する可能性があり、完全な解決には至っていない。そのため、今後の課題として、周辺(特に下方)の情報を詳細に取得できるセンサーを搭載した SUAV の開発が挙げられる。

**参考文献**

[1] 渡辺 賢, 尾崎 宏樹, 矢田 幸大, 長尾 確: 小型無人移動体との連携による個人用知的移動体の安全自動走行とその評価  
 [2] 橋本 雅文, 田中 康久, 緒方 聡, 村山 長, 大場 史憲: 2次元レンジセンサによる複数移動物体の検出・追跡法