

群制御の手法を応用した 無人機の編隊飛行

ジョン・ハンセン

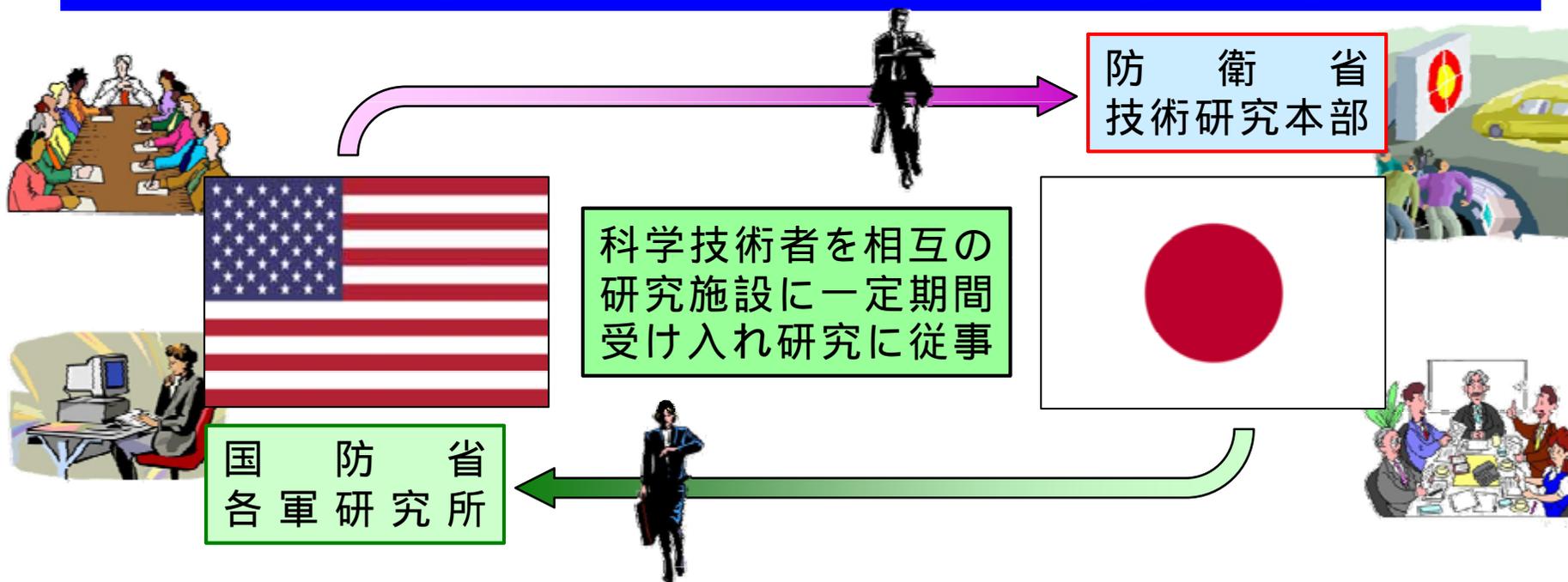
(防衛省 技術研究本部 航空装備研究所)

Introduction

- ESEP Assignment: TRDI, Air Systems Research Center, Aug 2010 – Aug 2012
- Sponsoring Unit: AFRL/Air Vehicles
- Background: AFIT Thesis on Optimization & Control Theory between multiple UAVs, AFRL research on UAV Cooperative Control
- Research Topic: Applying swarm control techniques to enable formation flight of multiple UAVs

防衛科学技術者交流計画

(ESEP: Engineers & Scientists Exchange Program)



ESEPとは:一定期間、自国の研究所に相手方科学技術者を受け入れ、自国の研究者との共同研究活動に従事させる計画

ESEPの意義:

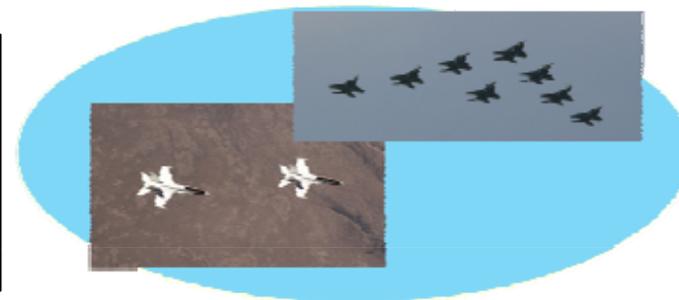
人的交流のスキーム構築により、相互交流が一層深まり、日米安保体制の信頼性向上に資する。研究開発作業に対する相互理解をより深め、新たな共同研究開発プログラム候補発掘の可能性が高まる。

派遣技術者の能力向上、ひいては防衛省全体の技術力向上に資する。

研究の概要

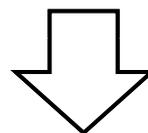
編隊飛行のメリット

- ・複数機からのセンサデータを融合
- ・燃料消費効率を向上



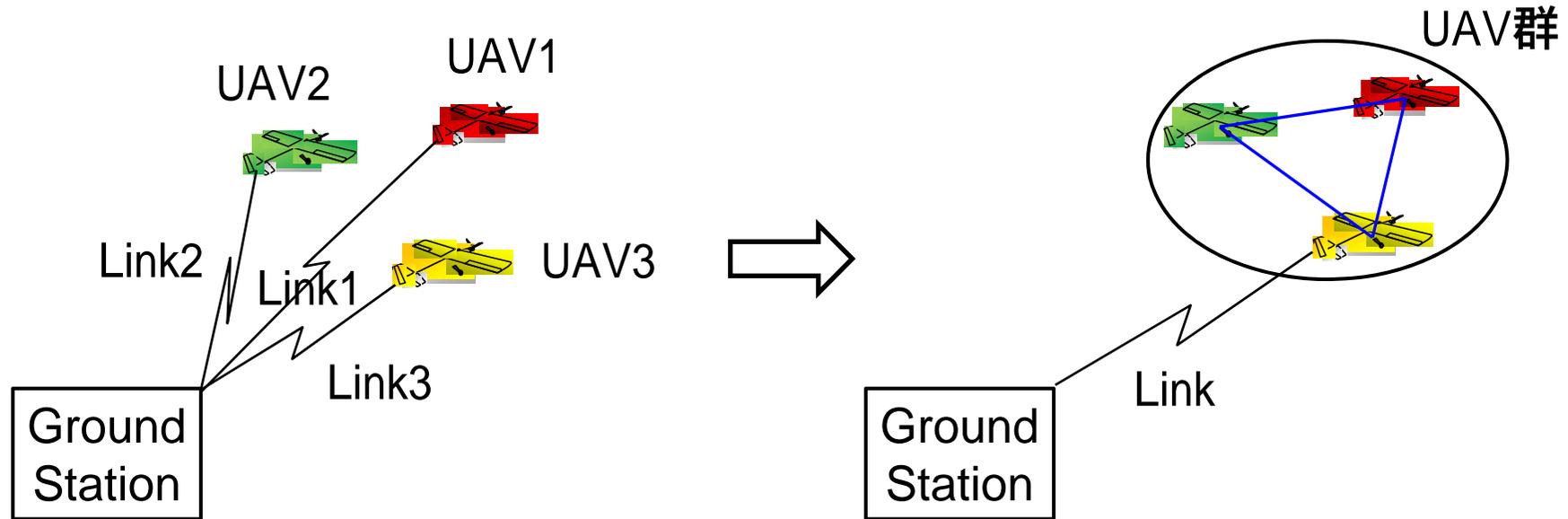
編隊飛行の広がり

- ・複数の無人機 (UAV)
- ・有人機と無人機の連携



本研究では、UAV編隊飛行の実現性について検討

研究の対象



UAVの運用を踏まえて、**柔軟に対応する複数UAV**

- ・複数UAVを**群**として制御
- ・オペレータによる**目標変更にも対応可能**

群制御の手法を応用

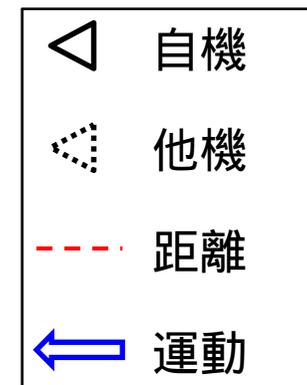
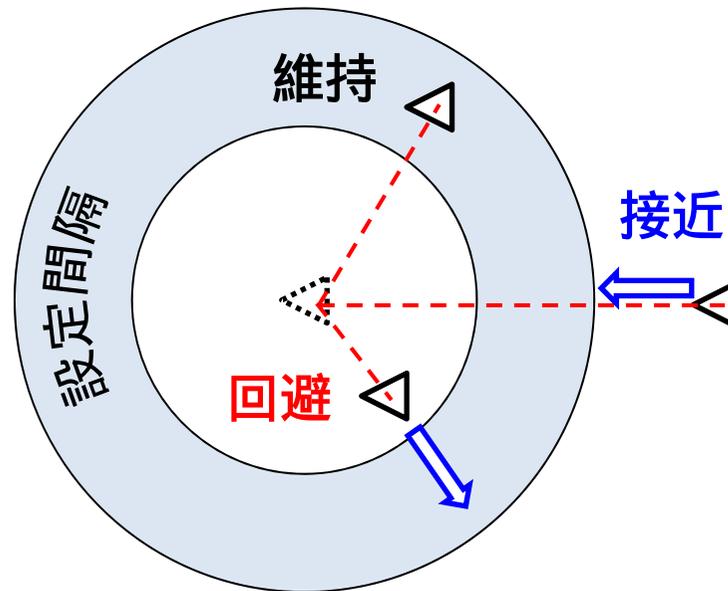
群制御の手法の応用

- ・複数UAVを群として制御
- ・オペレータによる目標変更にも対応可能

UAV間制御

「UAV間距離」を「設定間隔」と比較

- ・近い: **回避**
- ・遠い: **接近**
- ・適切: **維持**



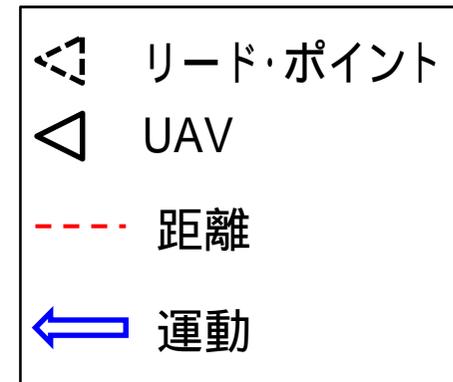
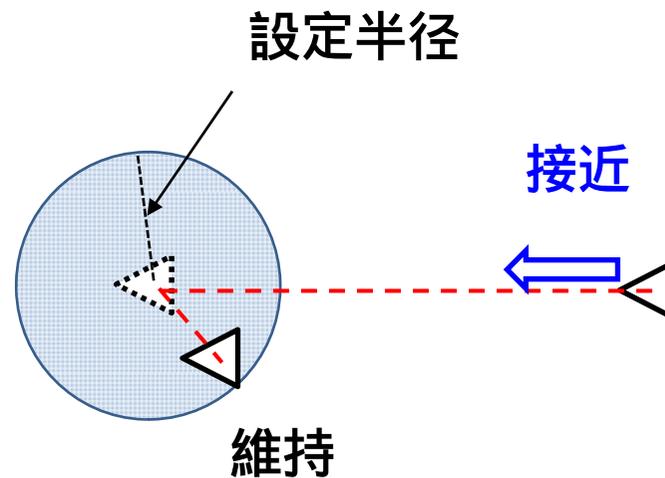
群制御の手法の応用

- ・複数UAVを群として制御
- ・オペレータによる目標変更にも対応可能

リード・ポイント追従

「リード・ポイントとUAVとの距離」を「設定半径」と比較

- ・遠い: 接近
- ・適切: 維持

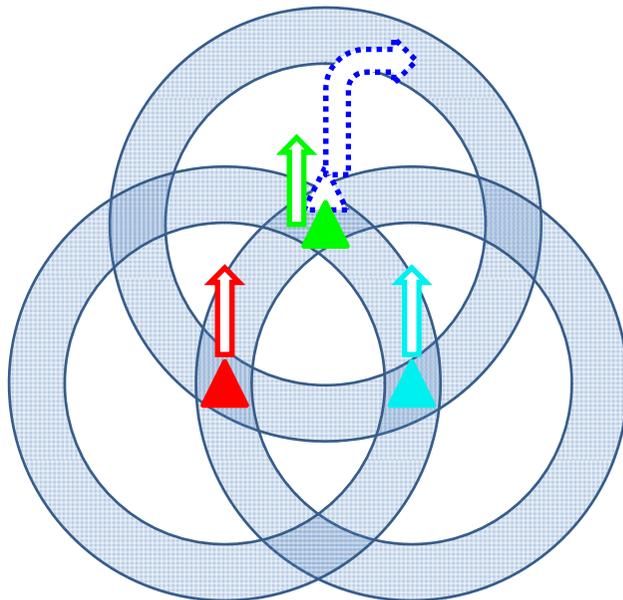


リード・ポイント: オペレータが与えるUAV群運動の目標

シミュレーション・モデル

基本的な飛行編隊と考えられる**平面上の3機のUAV**を対象にシミュレーションを実施

リード・ポイントの運動



初期状態

想定諸元 (F-16相当)

- ・翼幅: 10m
- ・速度範囲: 200m/sec ~ 275m/sec
- ・設定された間隔: 40m ± 10%
- ・リード・ポイント追従間隔: 5m以内

リード・ポイントの運動

- ・2sec後に右90deg旋回

シミュレーション・モデル

基本的な飛行編隊と考えられる平面上の3機の UAV を対象にシミュレーションを実施

飛行を表す変数

位置 (x, y)

方位角 ϕ

速さ V

飛行を制御する変数

方位角速度 ω

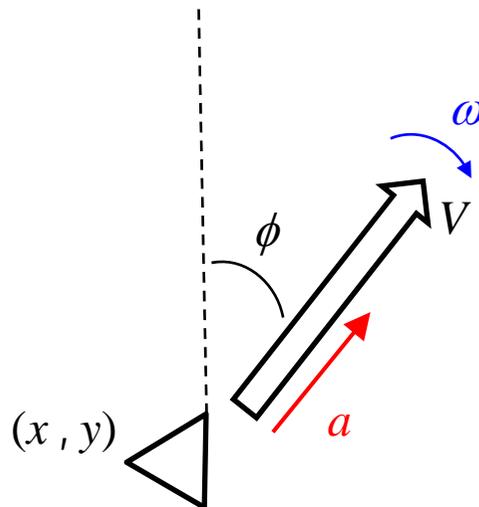
加減速 a

飛行に対する制約

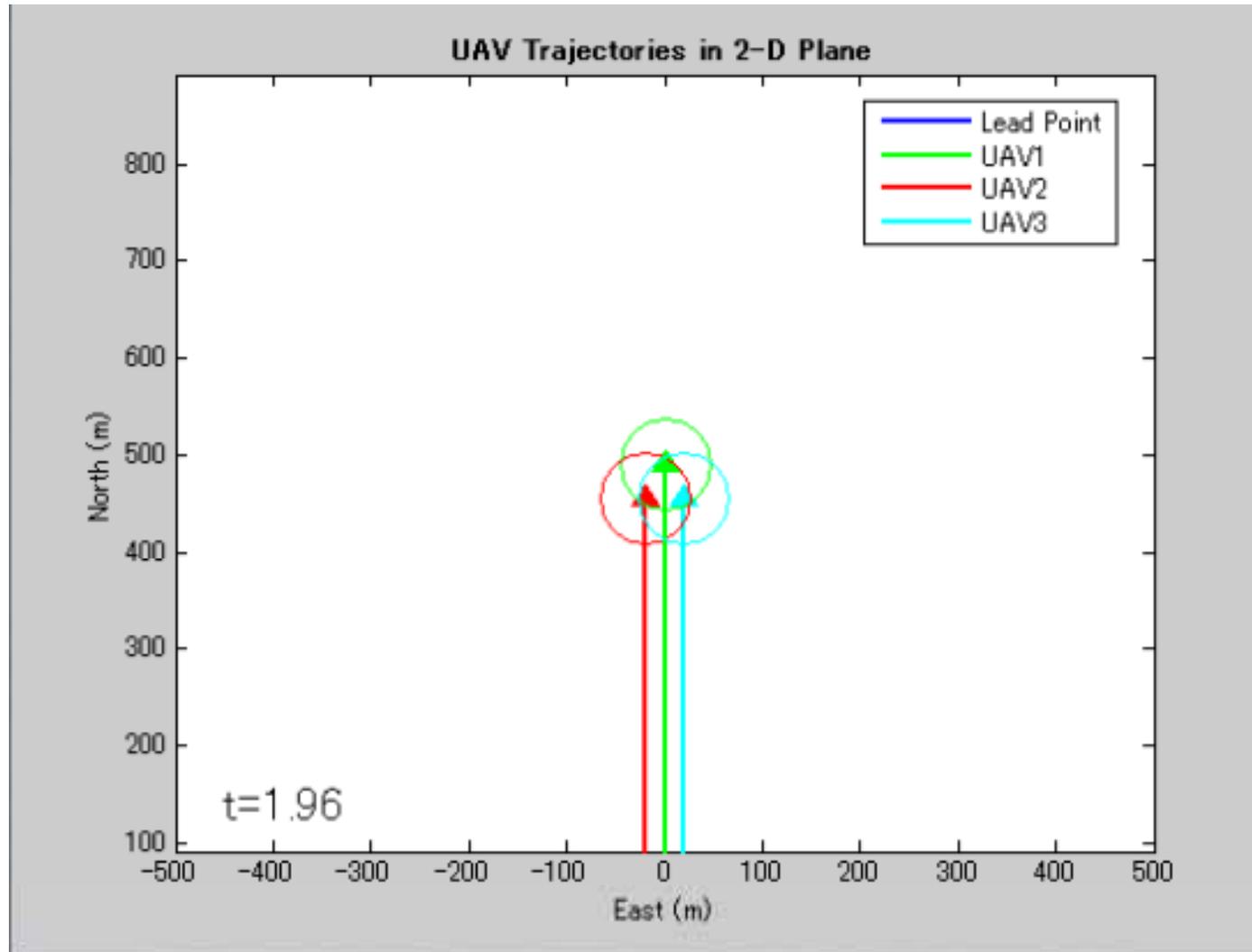
- ω_{min} 方位角速度 ω ω_{max}

- a_{min} 加減速 a a_{max}

V_{min} 速さ V V_{max}

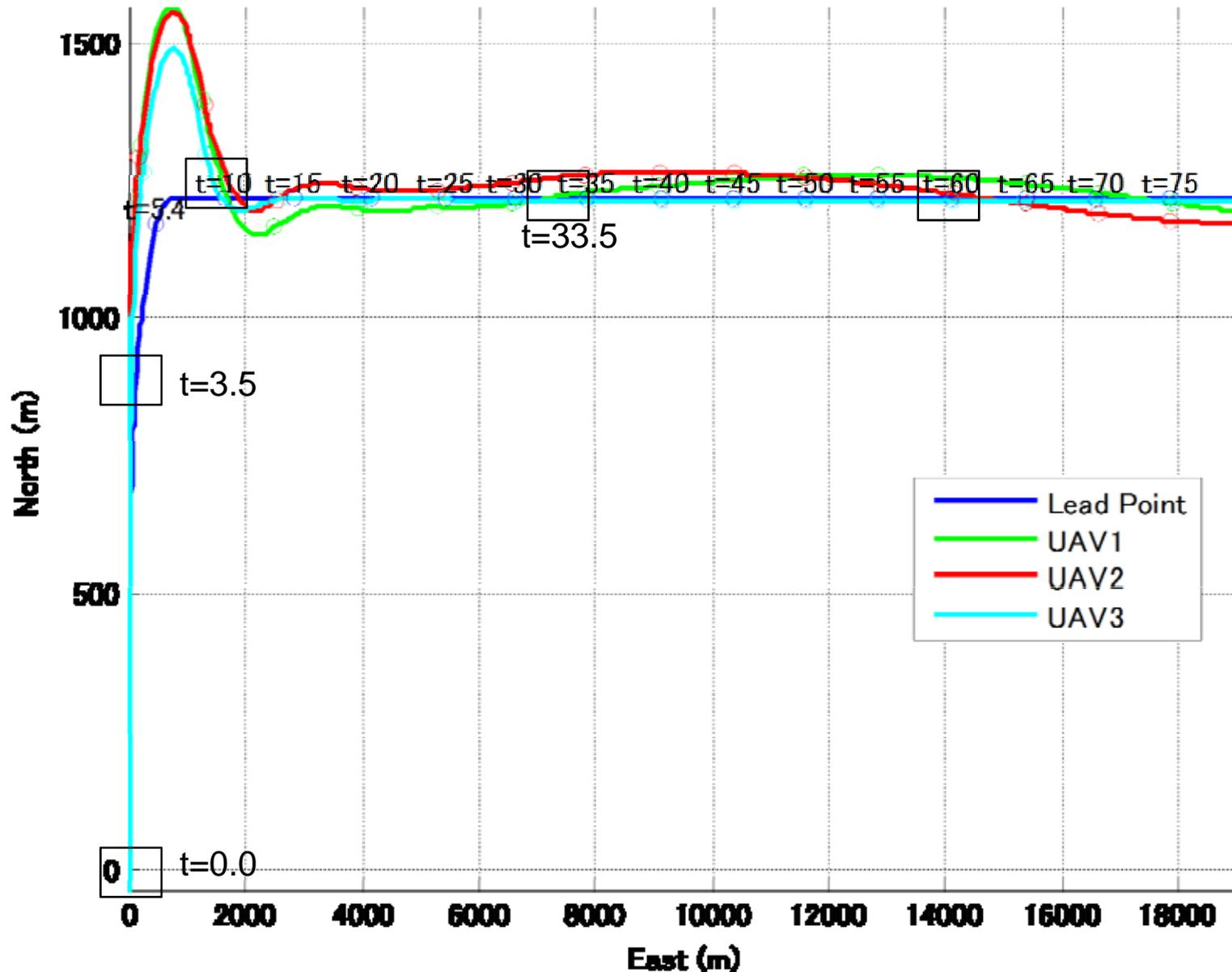


シミュレーション結果(動画)



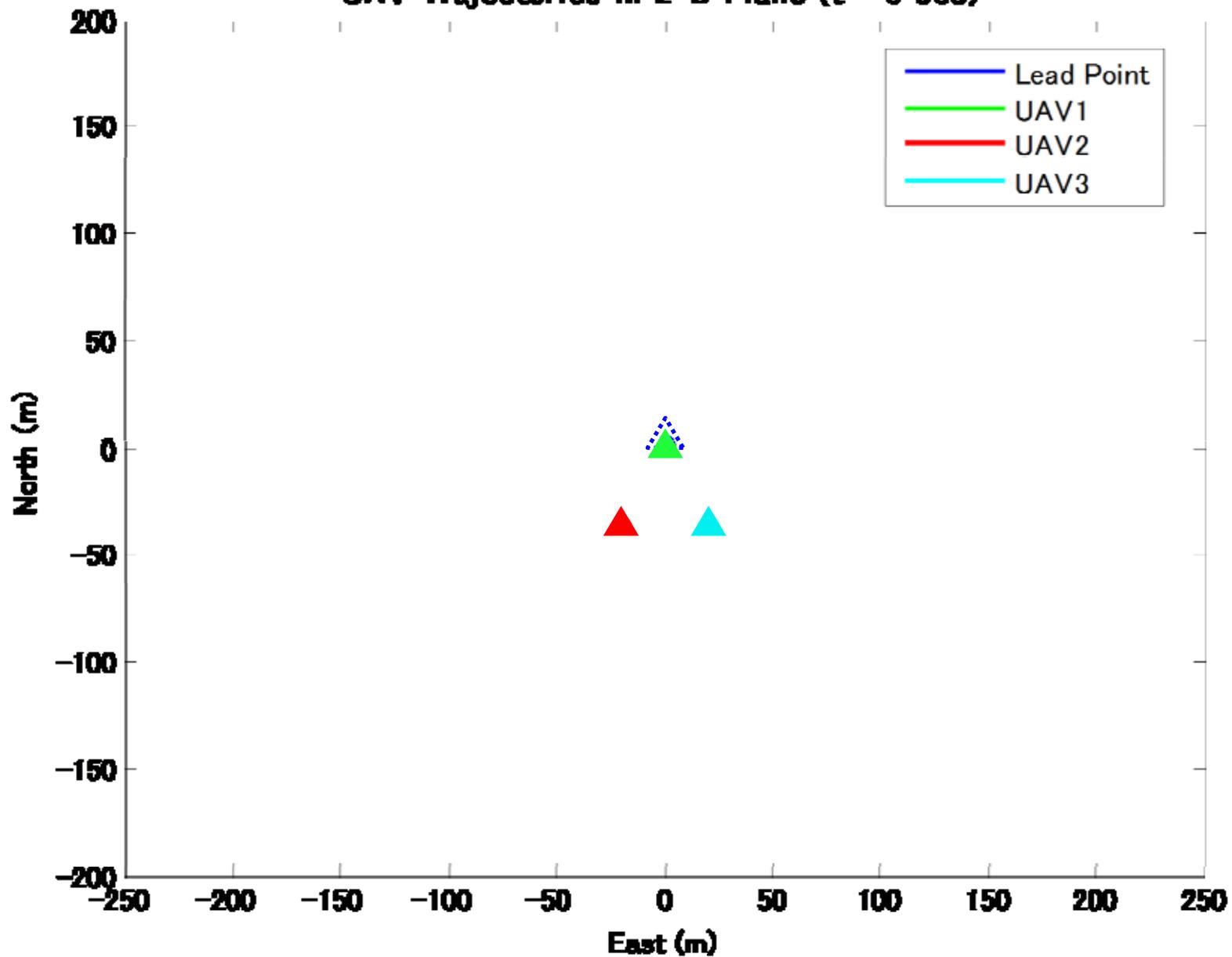
シミュレーション結果(軌跡)

UAV Trajectories in 2-D Plane



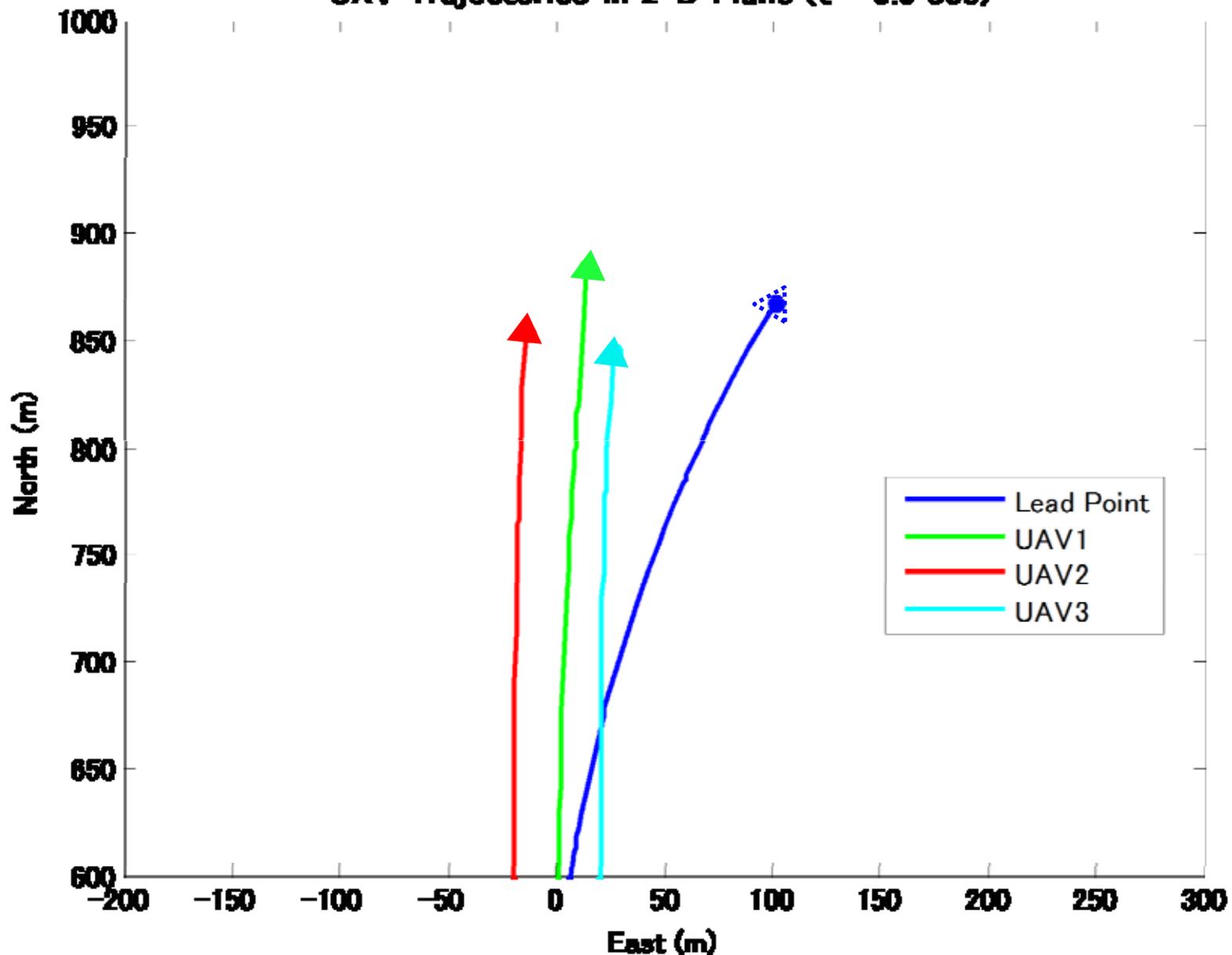
シミュレーション結果(軌跡@0sec)

UAV Trajectories in 2-D Plane (t = 0 sec)



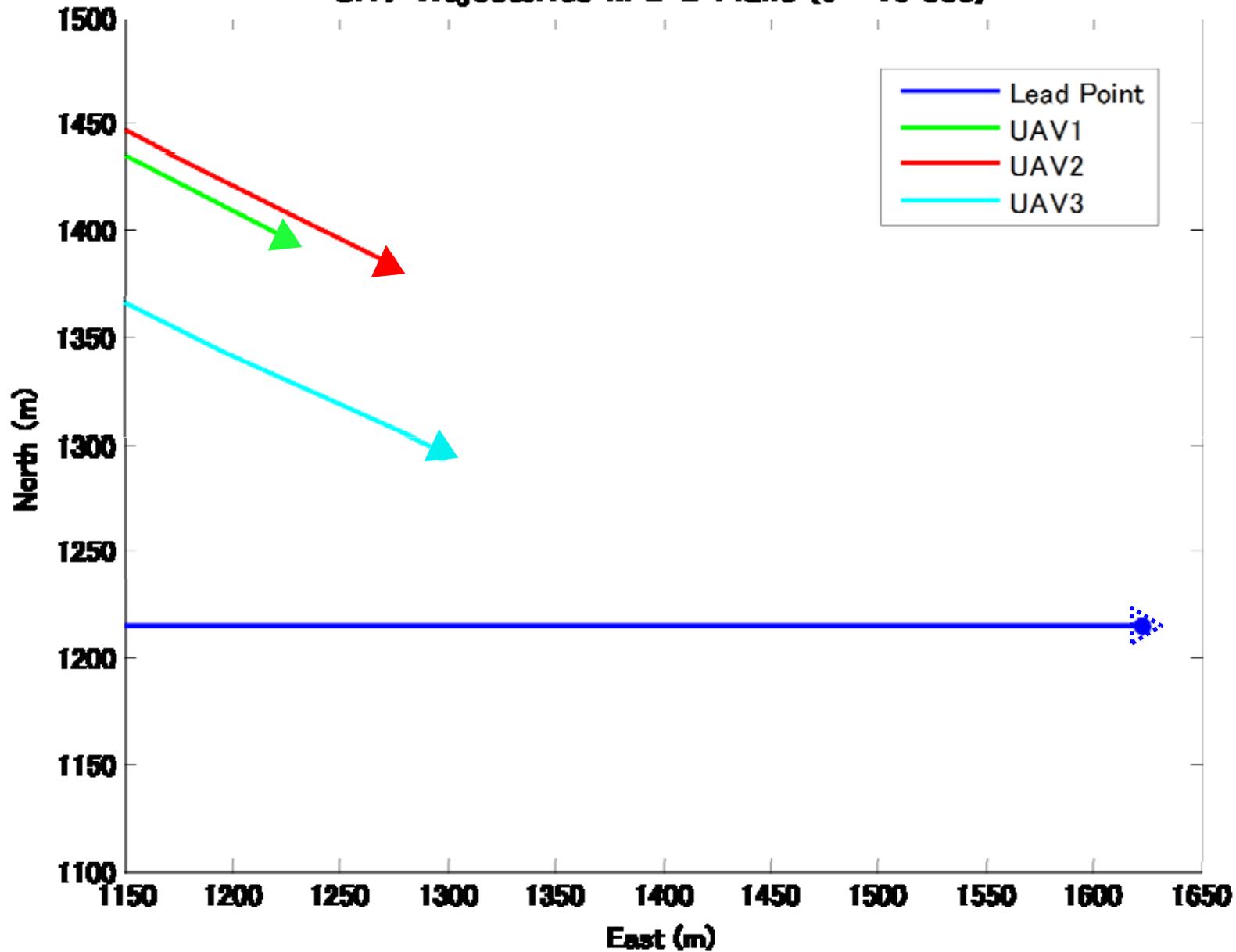
シミュレーション結果(軌跡@3.5sec)

UAV Trajectories in 2-D Plane (t = 3.5 sec)



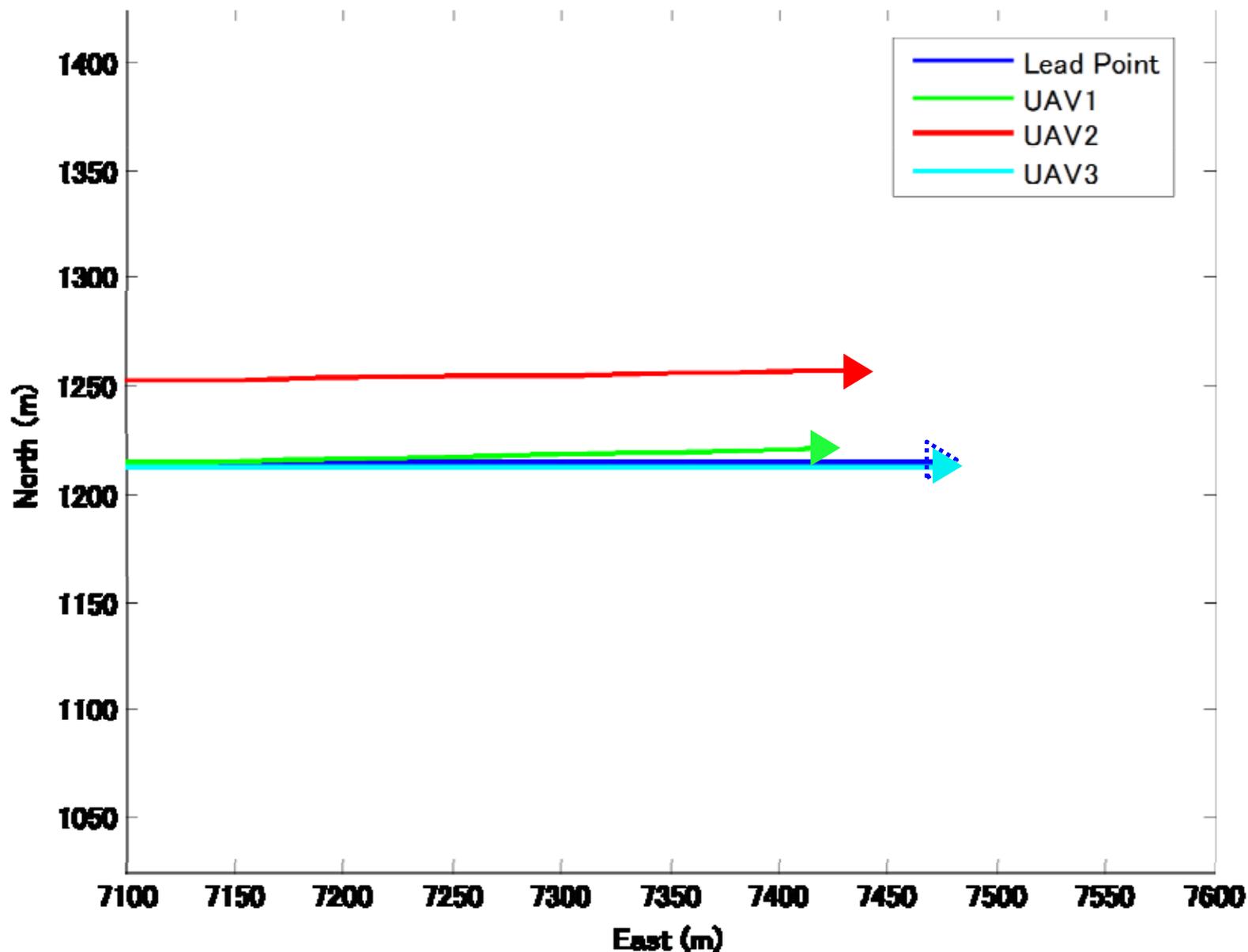
シミュレーション結果(軌跡@10sec)

UAV Trajectories in 2-D Plane (t = 10 sec)



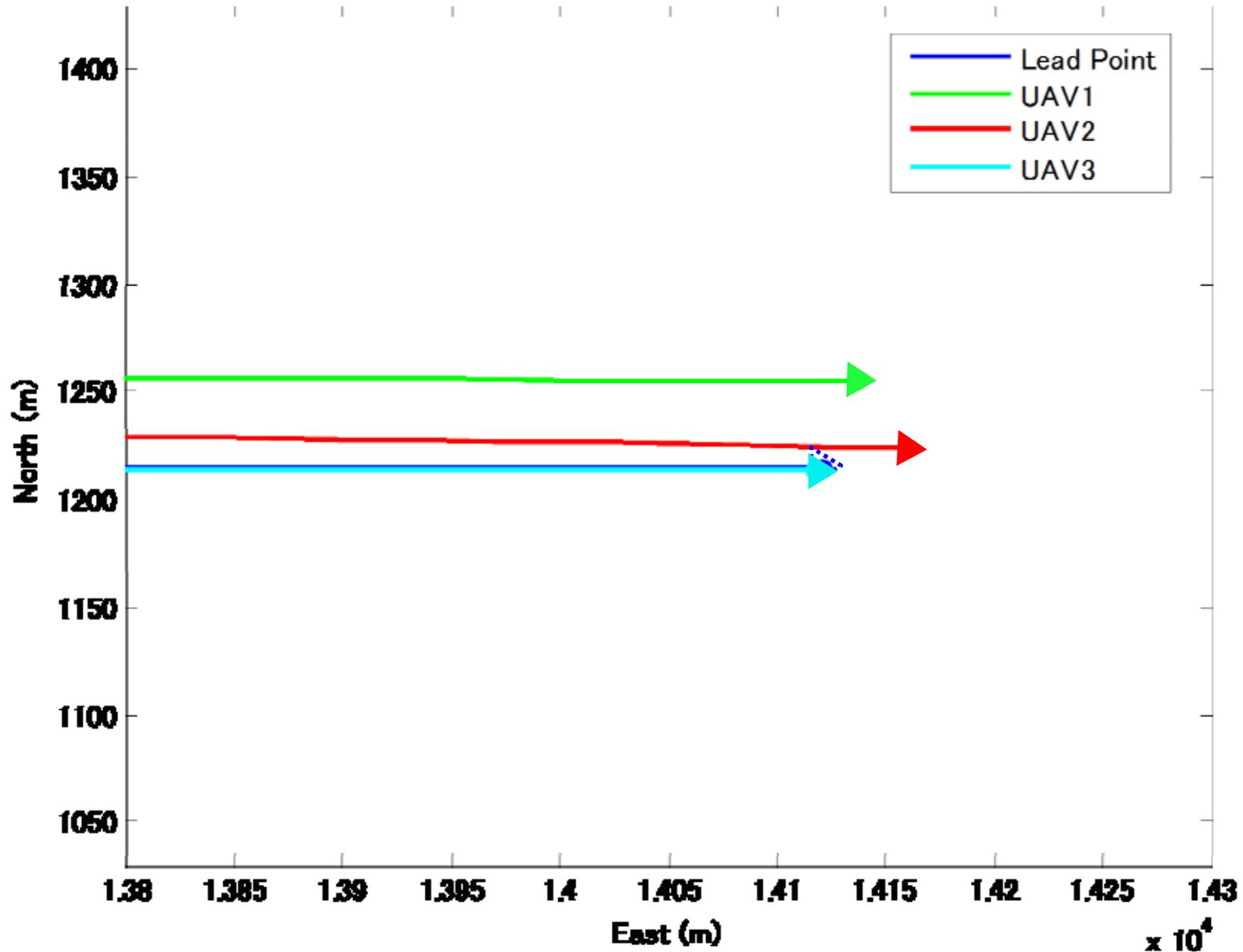
シミュレーション結果(軌跡@33.5sec)

UAV Trajectories in 2-D Plane (t = 33.5 sec)

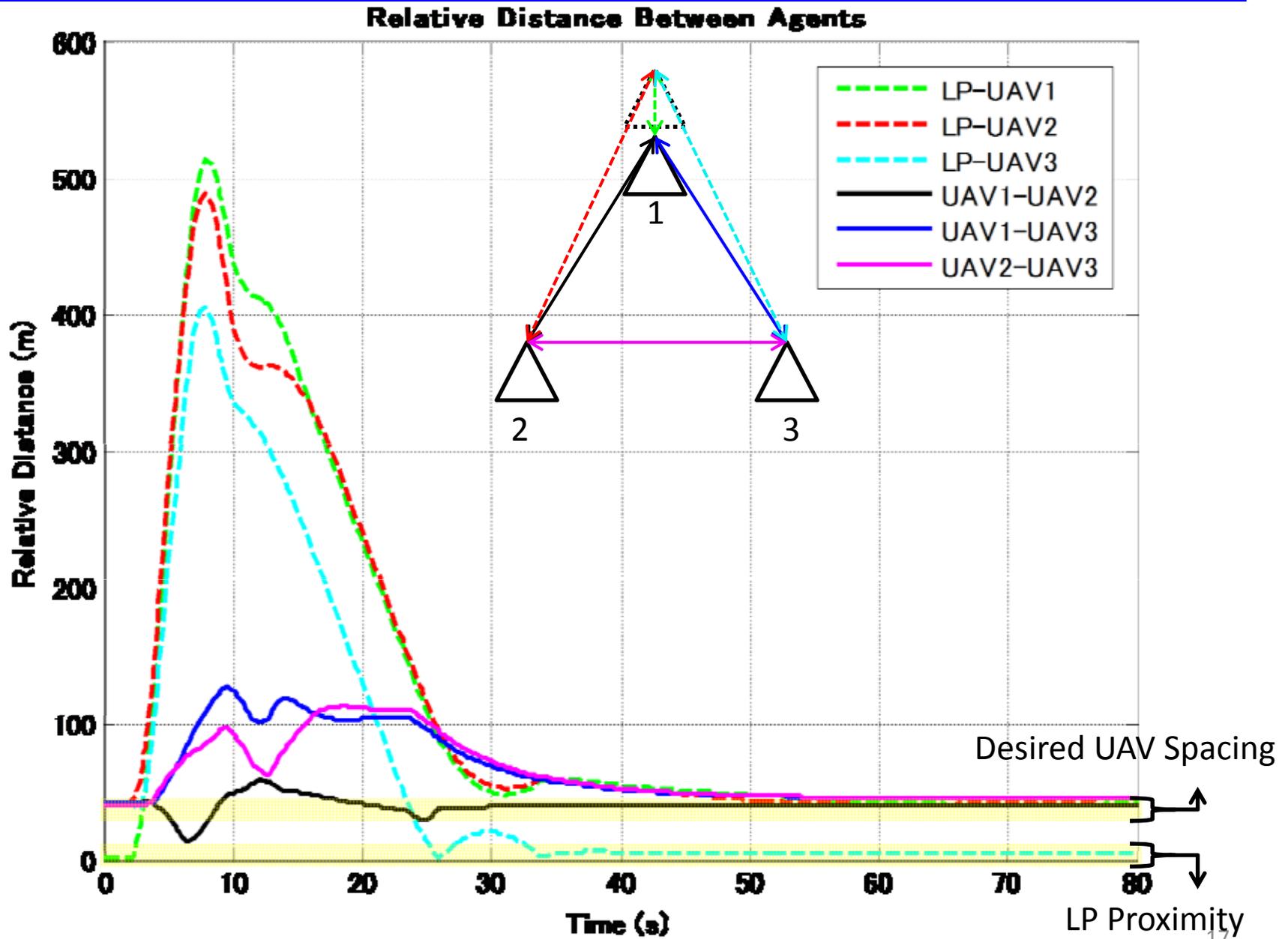


シミュレーション結果(軌跡@60sec)

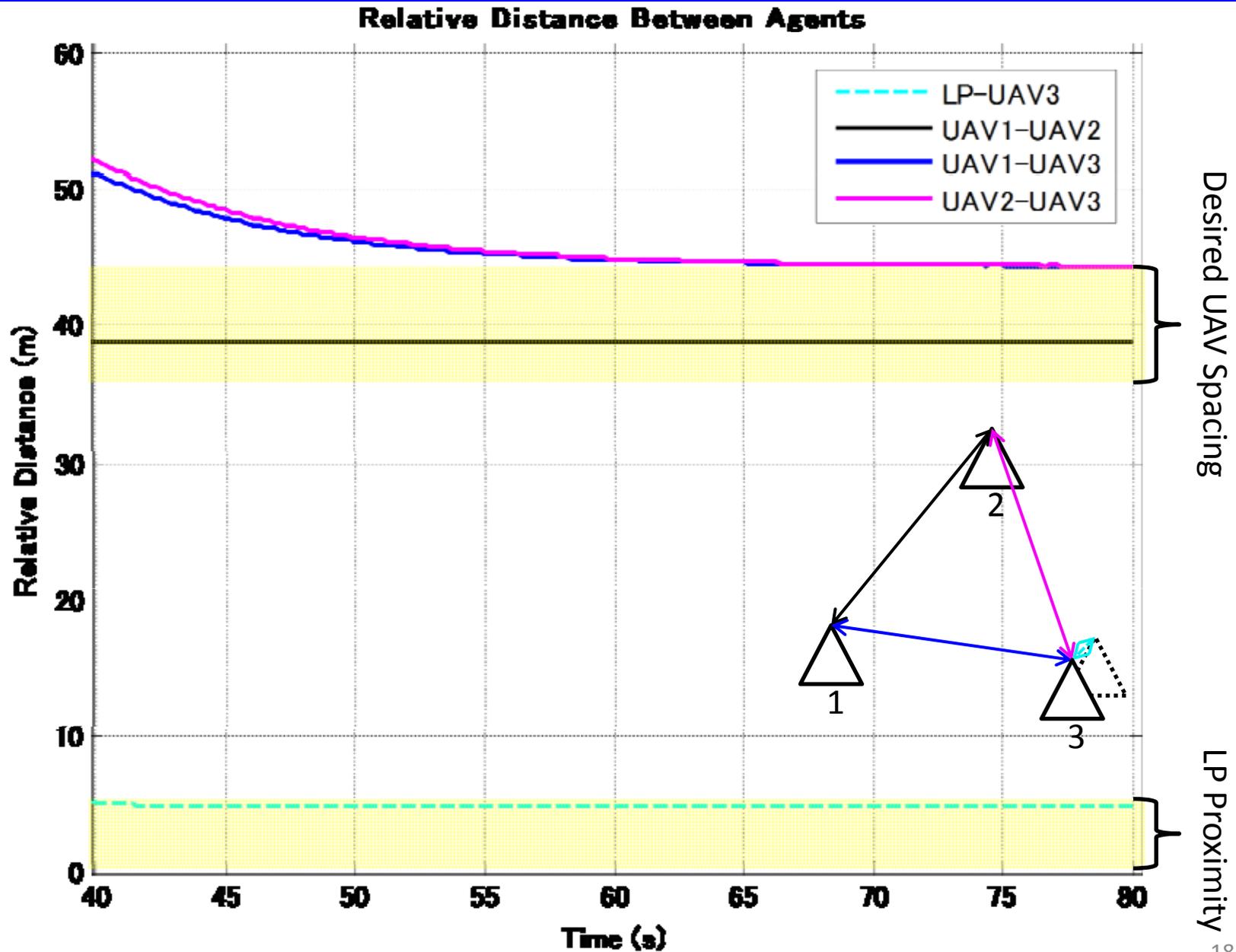
UAV Trajectories in 2-D Plane (t = 60 sec)



シミュレーション結果 (相対距離)



シミュレーション結果 (相対距離40 ~ 80sec)



シミュレーション結果(考察)

リード・ポイントの運動変化(オペレータによる目標変更)に対応するように、リード・ポイントに追従するUAVが変化していること

柔軟に対応する複数UAVの飛行

複数UAVがリード・ポイントの運動に追従しつつ、UAV間距離を設定間隔に維持するように群れとして運動

UAV編隊飛行の実現性確認

今後の課題

・複数機のセンサ融合飛行あるいは燃料消費効率向上飛行のような編隊飛行に適切な設定条件及びその条件を実現する制御手法

設定条件例: **設定された間隔** (距離で設定)

設定された位置 (距離と方位で設定)

