

第2回空戦AIチャレンジ 初期行動判断モデルの概要説明

主催



防衛装備庁

委託



SIGNATE
Empowering Your Potential

初期行動判断モデル

行動判断の前提となる概念

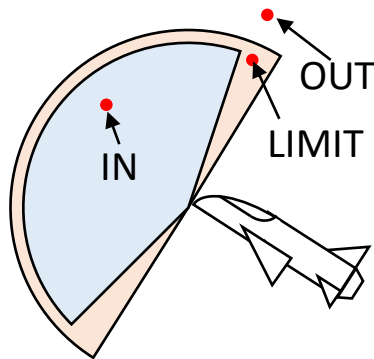
失探後の航跡の保持

レーダが失探した瞬間に何もできなくなることを避けるため、失探後も t_{memory} 秒間メモリトラックによって航跡を保持する。

探知状況の分類

余裕をもって探知できているのか、探知範囲ギリギリなのかによって行動を変える。

- OUT . . . 探知範囲外
- LIMIT . . . 最大探知距離から L_{margin} 以内または
覆域端から θ_{margin} 以内
- IN . . . 上記以外(=余裕がある状況)



「目標」の考え方

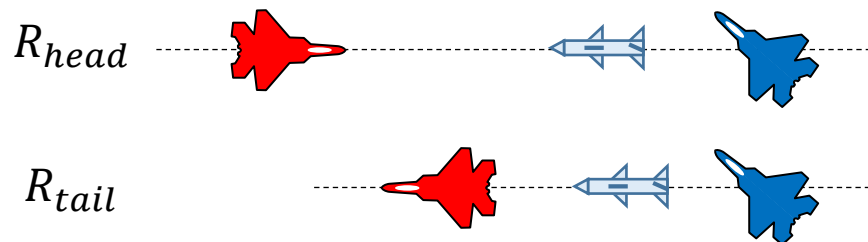
最低限の味方との連携を実現するために、行動の対象を主目標と副目標に分けて考える。

- 主目標 . . . 接近や射撃等の対象であり、1機のみを選ぶ。
- 副目標 . . . 味方の主目標と、誘導弾が飛翔中の目標を指し、なるべく探知できるように考慮する。

射程計算

以下の2種類の射程を計算し、射撃可否や離脱要否を判定する。いずれも、直ちに彼我ともに水平飛行に移行した場合の値とする。

- R_{tail} . . . 目標が自機に背を向けて飛んだ場合の射程(いわゆるRmax2)
- R_{head} . . . 目標が自機を正面に向けて飛んだ場合の射程



初期行動判断モデル

基本となる状態遷移

(s1)通常時

後退不要なときは、自身(←)の主目標(→)の探知状況に応じ、以下の3種類の行動を確率で選択する。一度選択したら、主目標または探知状況が変わるか、後退を挟むか、離脱または回避を行うまで変更しない。

帰還できなく
なりそうなとき

(s1-4)後退



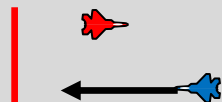
余剰燃料が距離換算で
 $L_{fmargin1}$ 未満

余剰燃料が距離換算で
 $L_{fmargin2}$ 以上

味方が余裕をもって捉えているとき

主目標が存在しないとき
or
あと少しで突破できるとき

(s1-1)前進



誰も余裕をもっては
捉えていないとき

(s1-2)接近



自分だけが余裕をもって捉えているとき

(s1-3)横行



主目標を覆域端から θ_{keep} 付近に
維持するように飛ぶ

直ちに

(c1)射撃条件
を満たした

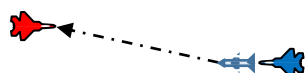
(c3)離脱終了条件
を満たした

(c2)離脱条件
を満たした

回避完了

MWSが
誘導弾を検出

(a1)射撃



(c1)射撃条件
を満たした

直ちに

(s2)離脱

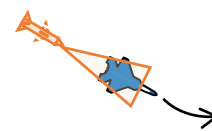


離脱のきっかけとなった航跡から
最も離れられる方向に飛ぶ

回避完了

MWSが
誘導弾を検出

(s3)回避



検知した弾と反対方向に向かって、
降下角度 $\theta_{evasion}$ 、下限高度 $h_{evasion}$
で急降下を試みる

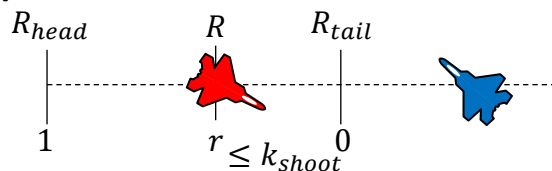
初期行動判断モデル

状態遷移の条件

(c1)射撃条件

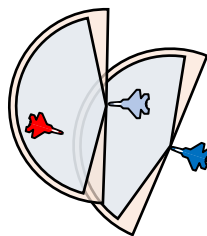
以下の(1)~(3)をすべて満たす航跡がある場合に、射撃する

(1)射程による判定



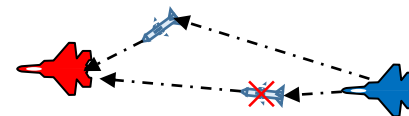
その航跡に対する R_{tail} を0、 R_{head} を1としたときに、現在の距離 r が k_{shoot} 以下であること

(2)探知状況による判定



その航跡を自身か味方のいずれか1機が余裕をもって捉えていること

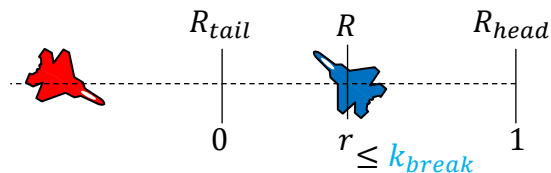
(3)射撃状況による判定



自身がその航跡に対して射撃した誘導弾のうち飛翔中のものが N_{simul} 発以下であること

(c2)離脱条件

以下の条件を満たす航跡が一つでもあった場合、離脱する



その航跡から自身に対する R_{tail} を0、 R_{head} を1としたときに、現在の距離 r が k_{break} 以下となったとき

(c3)離脱終了条件

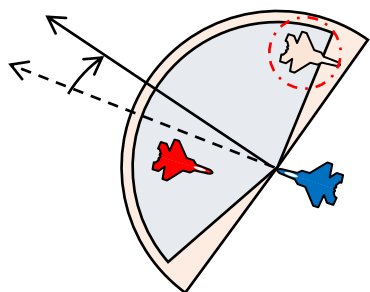
離脱条件を満たさない状態が $t_{withdraw}$ 秒継続したとき、離脱終了とする

初期行動判断モデル

針路の補正

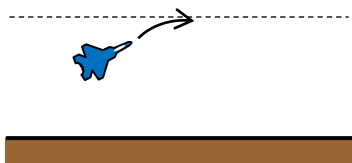
各状態において計算された進行方向に対し、以下の3つの観点で補正を行う。

(o1)副目標の追尾



本来の針路から θ_{extra} 以内の変更によって捉えられる副目標が増える場合、針路を補正する。

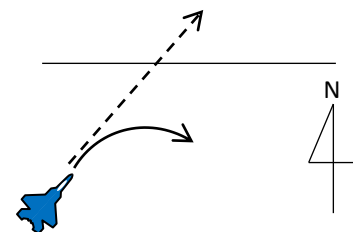
(o2)高度維持



- ・回避中でないときの高度は、後退時以外は h_{normal} に、後退時は h_{RTB} に維持する。

- ・高度維持の際のピッチ角は、後退時以外は θ_{normal} 以内、後退時は θ_{RTB} 以内とする。

(o3)場外の防止



- ・南北方向の場外から $d_{limit,dir}$ 以内のとき、針路を内向きに補正する。
- ・南北方向の場外から $d_{limit,keep}$ 以内で横行機動を開始するとき、進行方向が場外から内向きとなるように選択する。
- ・南北方向の場外から $d_{limit,turn}$ 以内のとき、目標針路への旋回は場外側に向かないような旋回軸で実施する。

加減速の制御

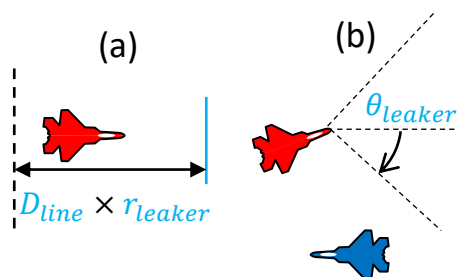
- ・通常時の推力は $T_{nominal}$ 、MWS作動時の推力は $MaxAB(=1.0)$ とする
- ・後退時は速度を V_{RTB} に維持しようとする
- ・速度が V_{min} を下回った場合、 $V_{recovery}$ 以上に回復するまで、 $V_{recovery,dst}$ を目標値として加速しようとする

初期行動判断モデル

主目標の選択

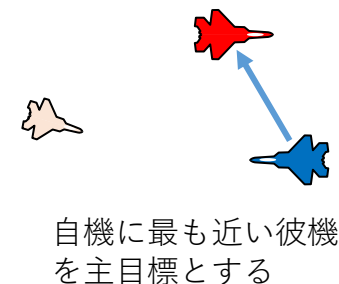
全航跡（メモリトラックを含む）から、主目標を選択する。

(t1)突破阻止

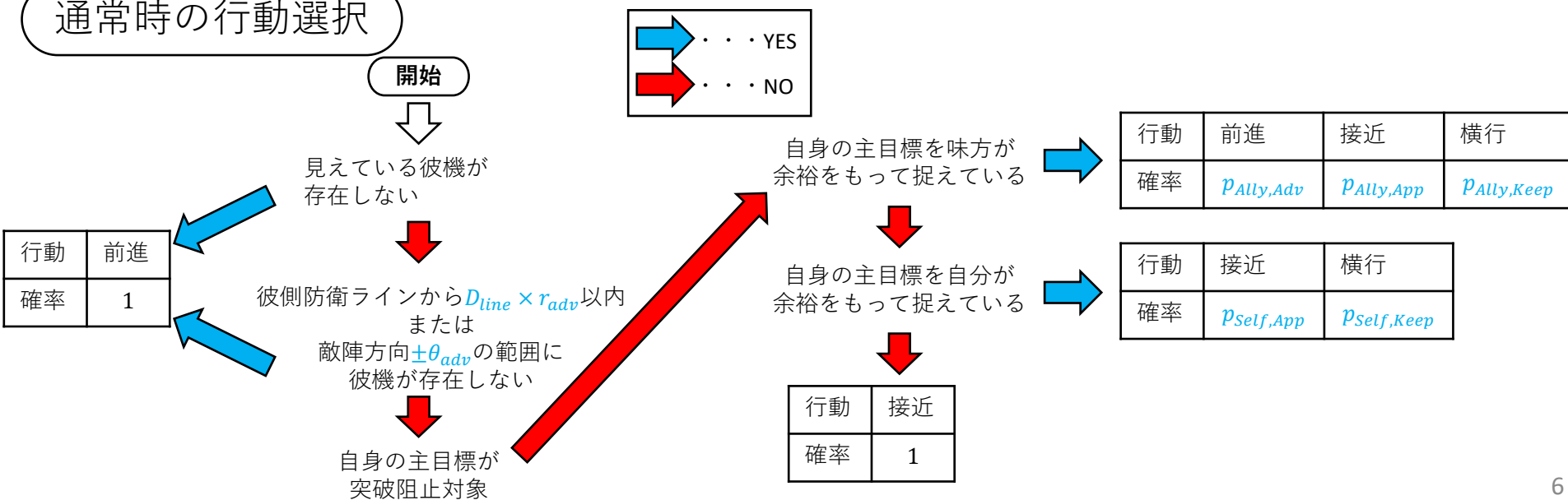


(a) 我側防衛ラインから $D_{line} \times r_{leaker}$ 以内
(b) 我陣方向 $\pm\theta_{leaker}$ の範囲に我機が存在しない
のいずれかを満たす彼機は突破阻止対象として、
ラインに近い彼機から順に、それぞれ最も近い
未割当の我機を割り当てる

(t2)距離優先



通常時の行動選択



基準値の一覧(本資料中に登場したもののみ)

項目		本資料中の変数名	値	単位	
航跡の保持		t_{memory}	10	s	
探知状況の分類		L_{margin}	10,000	m	
		θ_{margin}	5	deg	
基本遷移	横行	θ_{keep}	10	deg	
		$\theta_{evasion}$	45	deg	
	回避	$h_{evasion}$	2,000	m	
		後退	$L_{fmargin1}$	50,000	m
			$L_{fmargin2}$	100,000	m
射撃条件		k_{shoot}	0.45		
		N_{simul}	1		
離脱条件		k_{break}	0.25		
		$t_{withdraw}$	50	s	
針路の補正		θ_{extra}	10	deg	
		θ_{stable}	15	deg	
		h_{normal}	10,000	m	
		θ_{RTB}	10	deg	
		h_{RTB}	9,000	m	
		$d_{limit,dir}$	10,000	m	
		$d_{limit,keep}$	20,000	m	
		$d_{limit,turn}$	10,000	m	

項目		本資料中の変数名	値	単位
加減速の制御		$T_{nominal}$	0.475	
		V_{RTB}	250	
		V_{min}	200	m/s
		$V_{recovery}$	220	m/s
		$V_{recovery,dst}$	250	m/s
主目標の選択		r_{leaker}	0.1	
		θ_{leaker}	45	deg
通常時の行動選択		r_{adv}	0.1	
		θ_{adv}	45	deg
		$p_{Ally,Adv}$	60	
		$p_{Ally,App}$	30	
		$p_{Ally,Keep}$	10	
		$p_{Self,App}$	30	
		$p_{Self,Keep}$	70	