

The logo is a large circular emblem with a purple outer ring containing the text 'FUKUSHIMA ROBOT TEST FIELD' in white. Inside the ring, there are various colorful icons: a Japanese flag on the left, a gear, a propeller, a tank, a robot, and a map of Fukushima. The background of the inner circle is divided into green, blue, and purple sections.

安全確保措置検討のための
無人航空機の運航リスク評価ガイドライン
付録5「戦術的対策」の性能要求とロバスト性

RTF-GL-0006-5

Edition 1.1 2022/12

公益財団法人福島イノベーション・コースト構想推進機構

(福島ロボットテストフィールド)

※本資料の営利目的での無断使用を禁止します

改定履歴

Edition No.	変更頁	変更内容	発行日
1.0	-	初版 JARUS SORA Annex D Tactical Mitigation Collision Risk Assessment Edition 1.0 を 参考に作成	令和 4 年 12 月 2 日
1.1	表紙、3、4、5、6	<ul style="list-style-type: none"> ・注記の追記 ・説明文の追記 ・文章表現の見直し ・誤記修正 ・用語の統一 	令和 4 年 12 月 16 日

1. 付録概要

本付録は、本文 11-3. Step#3 空中リスクの把握の(3)b)で必要とされる「戦術的対策」の性能要求とロバスト性を達成するための「安全性の水準」と「保証の水準」を示します。

2. 空中衝突リスクの低減目標

表1は、「戦術的対策」の性能要求レベルで達成することが要求される空中衝突リスクの低減目標値を示します。ここで示されるリスク値はリスクの程度を表すものであり、詳細は参考としている SORA で今後明確化されます。(現段階において SORA でも明確にされていません。)

表1. 空中衝突リスクの低減目標値

空中リスククラス	「戦術的対策」の性能要求レベル	空中衝突リスクの低減目標値
ARC-d	高	リスク値 ≤ 0.1
ARC-c	中	リスク値 ≤ 0.33
ARC-b	低	リスク値 ≤ 0.66
ARC-a	性能要求なし	低減目標のガイダンスは無いが、航空局が必要と見なせば対策を講じる必要がある。

3. 「戦術的対策」の定性的な基準

表1の定量的な目標値を定性的な機能要件に変換する手段として、表2に「戦術的対策」の定性的な基準を示します。なお、表2は参考としている JARUS SORA Edition 2.0 Annex D Tactical Mitigation Collision Risk Assessment Edition 1.0 で要求されているレベルであり、「検知性能」の要求は国内で運用されていない機器やサービスが含まれています。したがって、現段階においては航空法に基づく機体の安全基準や許可・承認基準で必要とされる空中リスクに対する必要機器の装備や体制を構築することを以って対応することとします。「検知性能」については、今後の国内の技術発展等により表2の要求を満たすことを期待します。

表2. 「戦術的対策」の定性的な基準

機能	「戦術的対策」の性能要求レベル		
	低 (ARC-b)	中 (ARC-c)	高 (ARC-d)
検知性能 ^{*1}	DAA の計画では、検出範囲 ^{*2} 内の全航空機の約 50%を検出できることを期待。(不具合がない場合の性能要件) 運航者は、以下に代表されるような方法のうち、1 つ以上に頼ることにより、運航者が飛行しようとす	DAA の計画には運航者が検出範囲内の全航空機の約 90%を検出できることを期待。 これを達成するために、以下に代表されるシステムまたはサービスのうちの 1 つまたは	RTCA SC-228 または EUROCAE WG-105 を満たすシ

	<p>るエリアにおけるトラフィックの大部分を認識すること。(以下は代表的な手段をあげているものであり、これを推奨している訳ではない。)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・(ウェブベースの)リアルタイム航空機追跡サービス ・低コスト ADS-B in /UAT/FRAM/Pilot Aware 航空機トラッカー ・UTM ダイナミックジオフェンシング^{※3}の使用 ・航空無線通信の監視(スキャナーの使用など)^{※4} 	<p>組み合わせを用いる必要がある。(以下は代表的な手段をあげているものであり、これを推奨している訳ではない)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地上型 DAA/RADAR ・FLARM ・パイロットアウェア ・ADS-B In/UAT In レシーバ^{※5} ・ATC セパレーションサービス^{※6} ・UTM サーベイランスサービス^{※3} ・UTM 早期競合検出・解決サービス ・ATC 及び他の空域利用者との積極的なコミュニケーション <p>運航者は、選択した検出ツール/方法の有効性についての評価を提供すること。</p>	<p>システムであること。</p> <p>MOPS/MASPS (または類似のもの)を満たし、適用される要求事項に従って設置されていること。</p>
意思決定	<p>侵入してくるトラフィックを避けるために、どのツールや方法が適用されるかを説明する、文書化されたデコンフリクションスキームを持たなければならない。操縦者が補助者の検知に依存する場合、その表現方法についても説明しなければならない。</p> <p>例:トラフィックが警戒境界線を越えていて、150m以下で飛行している場合、運航者は急降下を開始する。</p> <p>トラフィックを監視している補助者は、「降下！降下！降下！」というフレーズを使う。等</p>	<p>低の全要件とそれに加えて、</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.運航者は、リモートパイロットのタイムリーで適切な判断に影響を与える可能性のあるヒューマン/マシンのインタフェース的要因の評価を提供すること。 2.運航者は、トラフィックのタイムリーな検出と回避のために利用するツールと方法の有効性の評価を提供すること。 <p>ここでいうタイムリーとは、トラフィックの侵入を知らせてから5秒以内に操縦者が判断を下すことができるようにすることです。</p> <p>運航者は、運航者が使用しようとするツールやサービスの故障率や有効性についての評価を提供すること。</p>	
コマンド	<p>コマンド&コントロールリンク(以下「C2リンク」という。)全体の遅延、すなわち操縦者がコマンドを送信してから無人航空機がコマンドを開始するまでの時間が5秒を超えないこと。</p>	<p>C2リンク全体の遅延、すなわち操縦者がコマンドを送信してから無人航空機がコマンドを実行するまでの時間が3秒を超えないこと。</p>	
実行	<p>無人航空機は、最も近い樹木、建物、インフラより低い高度、または18m(AGL)以下まで降下することで十分と考えられる。</p> <p>運航高度から安全な高度まで1分未満で降下できること。</p>	<p>回避は垂直方向と水平方向の回避操作に依存することがあり、標準的な手順として定義されている。水平回避が適用される場合、無人航空機は対気速度、加速度、上昇・下降速度、旋回速度などの性能が十分であることを証明すること。最低限必要な性能は、以下の通り。</p>	

		<p>対気速度 ≥ 50 kt(25.8m/s)以上</p> <p>上昇/下降速度: ≥ 500ft /min (2.54m/s)</p> <p>旋回速度: ≥ 3 度/秒</p>	
情報の更新	<p>電子的な手段により、操縦者のトラフィック検出を支援する場合、判断基準をサポートする情報は侵入する航空機のデータ(位置、速度、高度、軌道など)の遅延と更新速度とともに提供されること。</p> <p>3NM の閾値を想定した場合、5 秒の更新速度と 10 秒の遅延は適切と考えられる。</p>	<p>判断基準をサポートする遅延と更新速度の情報が操縦者に提供されていること。運航者は、そのエリアでの合理的に予想される交通量、交通情報の更新速度と遅延、C2 リンクの遅延、航空機の操縦性と性能を考慮して悪化した閉鎖率の評価を行い、それに応じて検出閾値を設定すること。</p> <p>以下に推奨される最低基準を示す。</p> <p>侵入者と自機のベクトルデータ更新レート ≤ 3 秒</p>	

※1 検知は、回避操作が効果的であるために十分な精度で行われる必要があります。

※2 検出範囲とは、有人航空機との衝突を回避するために必要な(必要であれば十分な視界を保つ)空域の容積(時間的または空間的測定値)です。DAA システムが全ての DAA 機能を発揮するためには、有人航空機を検知しなければならない最後の地点であると考えられます。検出範囲は、センサーの視野とは関係ありません。検出範囲の大きさは、遭遇する可能性のあるトラフィックの悪化した閉鎖速度、操縦者が回避操作をコマンドするのに必要な時間、システムが応答するのに必要な時間及び無人航空機の操縦性と性能に依存します。検出範囲は警報閾値よりも大きくなります。

※3 UTM/U-space 環境における無人航空機の自動交通管制システムの将来的な適用を想定したものです。

※4 当局が許可した場合に使用できます。無線免許または許可証が必要です。

※5 トラフィックの電子的検知を支援するシステムの選定は、そのエリアを飛行する大多数の航空機の平均的な装備を考慮して行われます。例えば、グライダーの飛行が多い地域では FLARM 等の使用を検討すべきですが、大型の民間航空機の飛行が多い地域であり ADSB-IN がより適切であると考えられます。

※6 トラフィックの電子的検知を支援するシステムの選定は、飛行する空域で運航されている航空機の大多数の平均的な装備を考慮して行う必要があります。

3. 「戦術的対策」の性能要求に対する安全性の水準と保証の水準

「戦術的対策」の性能要求に対するロバスト性に必要とされる「安全性の水準」と「保証の水準」を表3及び表4に示します。

表3. 「戦術的対策」の性能要求に対する安全性の水準

	安全性の水準		
	低 (ARC-b)	中 (ARC-c)	高 (ARC-d)
基準	「戦術的対策」の機能・性能の許容される損失が ＜ 100 飛行時間あたり 1 個 (1E-2 Loss/FH)である こと。	「戦術的対策」の機能・性能の許容される損失が ＜ 1000 飛行時間あたり 1 個 (1E-3 Loss/FH)であるこ と。	「戦術的対策」の機能・性能の許容される損失が ＜ 100,000 飛行時間あたり 1 個 (1E-5 Loss/FH)であるこ と。
備考	市販の製品で要件を満たしていると考えられる。定量的な分析は必要ない。	この確率は、起こりうる故障状態に見合ったものである。これらの故障状態は、各無人航空機の全運用期間中に 1 回以上発生することが予想される。	定量的な分析が必要である。

表4. 「戦術的対策」の性能要求に対する保証の水準

	保証の水準		
	低 (ARC-b)	中 (ARC-c)	高 (ARC-d)
基準	運航者は、「戦術的対策」および手順により、有人航空機との衝突のリスクを許容レベルまで軽減できることを宣言していること。	運航者は、「戦術的対策」が有人航空機との衝突のリスクを許容レベルまで軽減できるといふエビデンスを提供すること。	「戦術的対策」が有人航空機との衝突のリスクを許容レベルまで軽減できるといふエビデンスが、適切な第三者によって検証されていること。
備考	なし	なし	なし