



JAL907 便事故・高裁不当判決についての考察

TCAS ロジックと軍用機

1. Vertical Climb は TCAS でどう表示されるか

Hickam 空軍基地、耳慣れない名前かもしれませんが。ハワイ、ホノルル空港内の基地の名前です。その Hickam や千歳の F-15 はときおり Vertical Climb を見せてくれます。離陸後 100ft AGL 近くで加速し、滑走路の向こうの端あたりで一気に垂直に上昇します。さらに 2 秒ごとに 90 度のロールを加えた Vertical Snap Roll を披露することもあります。ある日、某国の飛行検査パイロットと TCAS の話をしていて、この垂直上昇に話がおよび、「Ground Speed がゼロで、上昇率は 30,000ft/min を軽く超えるだろう。F-15 と飛行検査機を飛ばして、軍用機に関する TCAS のテストをしたことがある。しかし Vertical Climb を試すわけにはいかなかったので TCAS にどう出るかは知らない。どうも TCAS は 4,000ft/min あたりが実用上の限界のような気がする。」と聞きました。このテストの結果は正式には何も発表されていませんので、余談と解釈してください。

2. 大きい昇降速度での接近機

高度 9,000ft で IAS 250kt で水平飛行している TCAS 搭載の民間機がいました。この飛行機の正面に反方位、速度 280kt、高度 1,500ft を飛んでいる SIF/IFF (民間機の ATC トランスポンダーに相当する機材) を作動させた戦闘機がいました。上昇の許可が出たので戦闘機は 9,900ft/min の上昇率で 8,000ft に上昇を始めました。この大きな上昇率を押さえこむため 8,000ft に達する前にロールを打って背面になり、正確に 8,000ft で水平飛行に入りました。この場合 TAU は TA が 40 秒、RA が 25 秒で、相対 vertical speed が問題となります。戦闘機がいきなり 9,900ft/min で上昇したと仮定すれば、民間機の下 6,600ft で TA が作動し、下 4,125ft で RA が作動する計算となります。実際には、戦闘機が上昇を始めた高度と昇降舵の操作によりますが、TA の作動が全くなく、いきなり RA の領域に入ることもあります。突然 RA が作動すると TCAS の異常かと思われるかもしれませんが、相手機の vertical speed が非常に大きいと起こりうる現象です。

この場合 RA はどう出るでしょうか。戦闘機の軌跡の延長と民間機的位置関係によりますが、RA は DESCEND または CLIMB の両方が考えられます。戦闘機が 8,000ft で正確に水平飛行に入ったので CLIMB の RA の場合は、10,000ft にもう 1 機飛んでいる場合は別にして、そう問題は起こらないでしょう。もし民間機が DESCEND の RA に従うとどうなるでしょうか。8,000ft で水平飛行に入った戦闘機に近づいてしまいます。パイロットは慌てて 9,000ft に戻ることになり、TCAS RA の信頼性を疑うこととなります。しかし TCAS にとっては限界を超えた領域のことで、戦闘機などの急激な操作に対応できるものではない、ということがお分かり頂ければ幸いです。

3. 逆に相対接近速度が小さいと



洋上に臨時の演習空域が設定されていました。NOTAMには「民間機が演習空域に入る場合は演習を中止する。」とありました。FL350を飛んでいたB747が航空路の一部をショートカットする形で直行の許可を得ました。運悪く、少し演習空域にかかる形となりましたが、管制官は演習空域を担当している軍のレーダーサイトには連絡を取りませんでした。演習中の戦闘機F-18Aが訓練予定にない大型機に気がつき、機種所属を確認するべくFL340で後方から大型機に近づきました。B747のすぐ左前に達したところでB747の速度に合わせ、ゆっくり上昇しました。この場合TCASはどの時点で作動するのでしょうか。TCASロジックは基本的にはTAU：再接近までの時間(秒)で考えられていますので、接近率がうんと小さいと極端に相対距離が近くなるとTCASが作動しないこととなります。このため接近率が小さい場合は距離で作動する領域を設定しています。これをDistance Modification (DMOD)と呼んでいます。高度20,000ft～42,000ftでのDMODはTA 1.30nm、RA 1.10nmとなっています。また同高度域のAltitude ThresholdはTA 850ft、RA 600ftです。(この数値はVersion 7で変更されました。)つまり接近率が小さいと距離1.3nm以内かつ高度差850ft以内でTAが作動し、距離1.1nm以内かつ高度差600ft以内でRAが作動します。B747にはTAに続いてCLIMB RAが作動し、パイロットはそれに従って上昇を始めました。しかしF-18AはB747より少し大きい上昇率で更に近づきました。高度差が大きくなるためCLIMB RAは作動を続けB747は2,000ftも上昇しました。そこでF-18Aが少しB747の上に位置しました。RAは反転しDESCENDに変わりました。B747はRAに従い降下を始めました。F-18Aも少し上方の位置を保ったまま降下し、DESCEND RAも2,000ft降下する間続きました。元のFL350に戻ったところで、F-18Aは左60度バンクで急激に離れていき、RAは解消しました。民間機同士の過去の例では、多くの場合RAは300-500ft高度を変えるとClear of Conflict状態になっていますが、軍用機が何らかの理由で追尾してきた場合TCAS RAが作動し続けることとなります。ICAOは各国政府にState Letterという書簡を送り「戦闘機などが必要があって民間機に近づく場合20nm以内では高度情報を送信するトランスポンダーシステムの装備の作動を停止されたい。」としています。無線機故障やハイジャックなどで軍用機が援助目的で近づくと、軍用機がMode Cを送信している状態では、TCAS RA作動により民間機が逃げ惑うことになるからです。

4、編隊飛行では Conflict Alert (CA) も作動停止 (米国)

FAAの管制方式基準 (Air Traffic Control) には空軍、海軍の管制方式の違いや、軍用機の飛行方法による管制システムの操作の違いまで書いてあります。Conflict Alertについては、空中給油、編隊飛行ではCA作動が続くのでCA停止の手順が書かれています。

TCASはどうでしょうか。米軍、ドイツ軍の(一部の)輸送機、給油機等はTCASを搭載していますが、上記のような飛行方法においてはTCAS RAも作動が続くことになり当然作動を停止しているものと思われます。

戦闘機は2機が基本作戦単位であり、通常離陸から2機編隊で行動します。もし戦闘機にTCASを搭載していると離陸後300ftAGLからTCAS RAは作動し続けるでしょう。またマニューバーも非常に大きく、TCASが追従できるものではありません。つまり戦闘機とか高速度の偵察機、爆撃機はTCASで考えられた範囲外の飛行機であると言えます。

なお軍用機のSIF/IFFの作動は作戦命令に従うもので、パイロットの判断による操作は通常認められていません。

(以上)