

5-2 知覚・状況理解・行為選択・行為実行の自動化：

航空機の場合

航空機では、早くから人が行っている「知覚・状況理解・行為選択・行為実行」の自動化が指向されてきました。人の場合に知覚・状況理解・行為選択・行為実行とよばれるステップは、「情報獲得・情報解析・行為選択・行為実行」とよばれることがあります（図1）。たとえば、Parasuraman et al. (2000) をご覧ください。

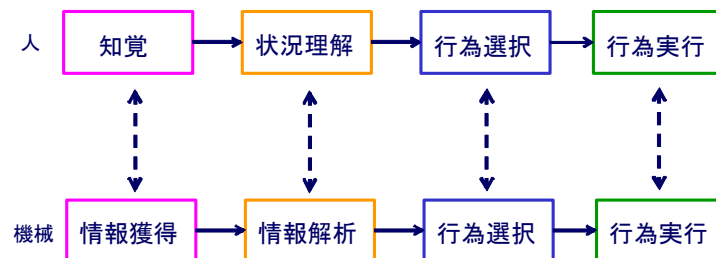


図1 情報処理過程のステップに関する呼称の対比

さて、2機の航空機が空中で衝突すると、最悪の場合、いずれの機にも生存者が皆無ということが起こり得ます。そのような忌まわしい事故を未然に防止するために開発されたシステムが航空機衝突防止装置 TCAS (Traffic alert and Collision Avoidance System) です。

TCAS (ティーキャスと発音します) は、自機と衝突の危険がある航空機の接近を検知したとき、パイロットに相手機の位置や自機との高度差を表示し、衝突を避けるための回避操作を提示する機能を持っています。TCAS における情報獲得・情報解析・行為選択・行為実行の各ステップがどのように機械化（自動化）されているのかを見てみましょう。

(1) 情報獲得の自動化

TCASは、機体の上下2箇所を設置された指向性アンテナから毎秒1回、自機の周囲へ向けて質問信号を発します。その質問信号を受けた航空機は応答信号を返してきますが、その応答信号の中にはその航空機の高度情報が含まれています。また、応答信号の到来方位、質問信号を発してから応答信号が受信されるまでに経過した時間から、相手機の方位、自機からの距離を計算することができます(図2)。

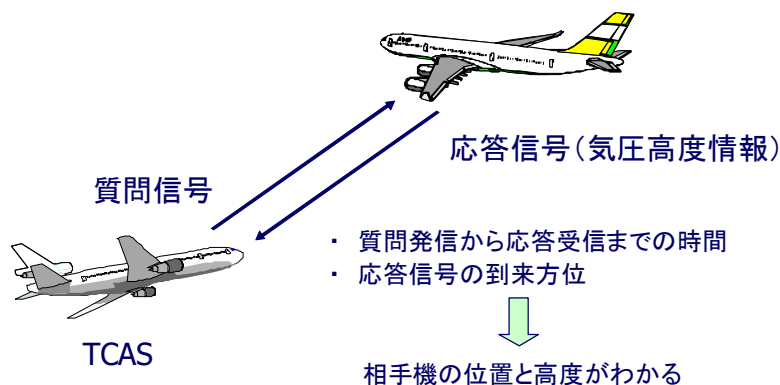


図2 TCASの質問信号と応答信号

(2) 情報解析の自動化

情報解析のステップでは、自機の周囲に球形の「保護領域」を定義し、距離テストと高度テストを行います。ここでいう距離テストとは、「相手機がすでに保護領域に入っているか。保護領域に入るまでの所要時間の予測値が、あらかじめ定められる値(しきい値)以下であるか」を調べることをいいます。一方、高度テストとは、「相手機との高度差の現在値および最接近点における相手機との高度差の予測値がしきい値以下であるか。自機と相手機が同一高度になるまでの時間が、距離条件の判定に用いたしきい値以下であるか」を調べることをいいます。なお、保護領域の半径、相手機が保護領域に入るまでの所要時間に関するしきい値、自機と相手機の高度差に関するしきい値は、飛行高度に応じて設定されます。それは、航空機の運動特性が高度によって異なるからです。

距離テストならびに高度テストによって、「相手機は、自機に対して近接している、あるいは近接の可能性がある」と判定されたとき、TCASはそのような航空機の存在と相対位置をディスプレイに表示します(図3)。これをトラフィックアドバイザリTA(traffic advisory)といいます。なお、TAは、どこにどのような動きをする航空機がいるかを示すことによってパイロットの状況理解を手助けしようとするものであり、パイロットに回避行動を求めるものではありません。

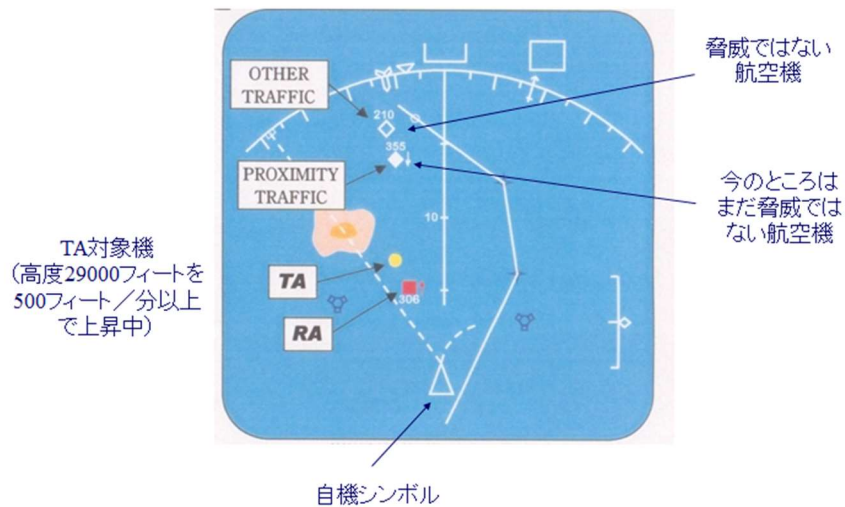


図3 トラフィックアドバイザリ

(3) 行為選択の自動化

距離テストならびに高度テストによって、「このままの状態を飛行を続ければ一定時間内に相手機との衝突または異常接近が起きる可能性がある」と判定されると、TCASはディスプレイ表示と音声警報でパイロットに垂直面内での回避方向を指示します。この指示を回避アドバイザリ RA (resolution advisory) といい、パイロットの行為選択を支援しようとするものです。図4は、TCASが「上昇」を指示する RA を発したときのプライマリーフライトディスプレイ表示例を示したものです。なお、この場合に音声として発せられる警報は「Climb、Climb」です。

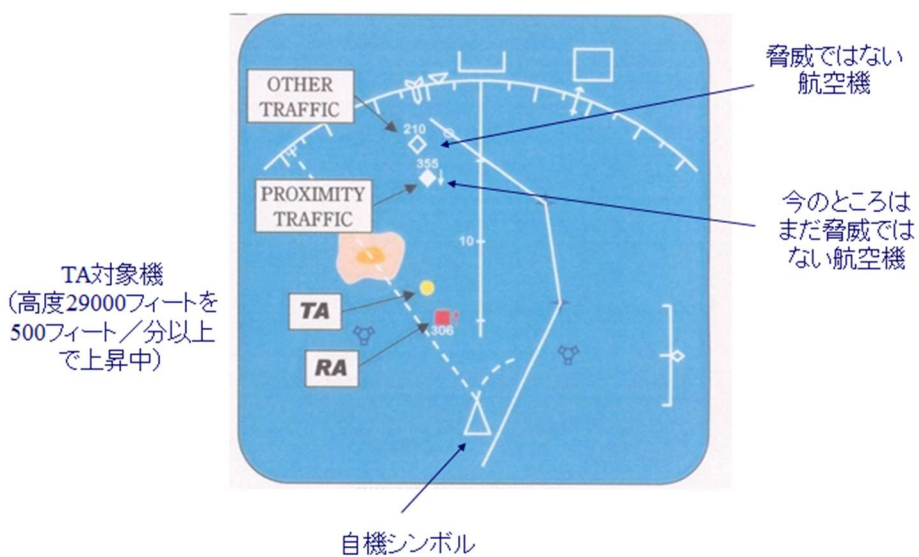


図4 回避アドバイザリ

(4) 行為実行の自動化

エアバス A350 など一部の機種を除けば、TCAS は、パイロットに最適な回避行動が何であるかを提示するものの、パイロットに代わってそれを実行することはありません。すなわち、行為実行の機能を TCAS は備えていません。

また、明確な理由があるときは、パイロットが TCAS の発した RA に従わない、あるいは RA で指示された方向と反対の操作を行うことも、現在の TCAS では許容されています。たとえば、すでに低高度を飛行しているときに「降下」を指示する RA が出された場合などが「明確な理由がある場合」の例です。

ただし、相手機も TCAS を搭載しているときは、自機と相手機の TCAS が回避方向情報を交換し、片方が「上昇」を指示するなら、他方は「降下」を指示するというように、たがいの回避方向が逆向きになるように調整した後に最接近の 15~35 秒前にそれぞれのパイロットに相反する回避方向を指示する機能をもっていることから、パイロットが TCAS の発した RA に従わない、あるいは RA で指示された方向と反対の操作を行うことはきわめて危険性の高い行為です。

ちなみに、パイロットは、TCAS が RA を発してから 5 秒以内に回避操作を開始することになっています。つまり、RA は、パイロットが慌てることなく対応できるようなタイミングで発せられます。

(補足) 「行為実行の自動化」への躊躇

上では、基本的に、TCAS は行為実行を自動的に行うものではないことを見てきました。行為実行のステップを自動化しないのには、どのような理由があるのでしょうか。その背景にある一つの考え方が、人間中心の自動化です。

人間中心の自動化 (human-centered automation) とは、「最終決定権は、機械ではなく、人に与えるべきである」とする考え方です (Woods 1987; Billings 1991, 1997)。「情報を絶え間なく収集し、蓄積された大量かつ多様な情報を解析して、いま何が起きているか、これから何が起ころうとしているかを明らかにする。そして、その結果に基づいて、いま何かをするとすれば、何をするのが最適かを考える」という、情報獲得・情報解析・行為選択の一連の作業を人が自分で行おうとすると、膨大な時間と労力が必要になります。したがって、できることならそれを機械に実行させ、人の負担を軽減したい (それによって人のエラーも軽減できるはず) と考えるのは自然です。

しかし、その結果として機械が選択した最適な行為は、あくまでも「機械からみて最適なもの」にすぎず、機械が推奨してきた行為がほんとうにその場に適したものであるかどうかは最終的に人が判断することになります。したがって、機械が推奨しているものとは違う行為を実行することができる権限を人に与えておく必要があります。これが、行為実行のステップを自動化せず、人に委ねたいとする大きな理由であり、その背後に、「人と機械が共存するシステムの安全を確保する責任は人にある」との人間中心の自動

化の大原則があるわけです。

ただ、「行為実行の自動化」欄で述べたように、「RAは、パイロットが慌てることなく対応できるようなタイミングで発せられる」といっても、回避には、手順を踏んでいくつかの操作を行う必要があります。しかも中には微妙な操作も含まれるため、パイロットには大きな負担がかかります。そのことから、パイロットの負担軽減を図ろうと、TCASに自動的に回避行動を実行する機能を持たせようとする動きもあります。実際、最新のエアバスA350などに装備されています。

さらに、行為実行が自動化されておれば事故が回避できたであろうとされる事例も、実はあります。1995年コロンビアのカリで発生したB757墜落事故です。GPWSが「Pull-up!」警報を発したとき、パイロットは直ちに操縦輪を引き、最大推力で急上昇しようとしたが、その時点までに、急速に高度を下げようとする目的のために使用していたスピードブレーキの格納を忘れました。そのため、パイロットは最大推力で急上昇しようとしているにもかかわらず、機体は十分な上昇能力を得ることができず、山頂付近に激突したという事故事例です。もし、パイロットが最大推力を得ようとしていることをコンピュータが検知し（技術的には容易です）、そのパイロットの意図にそぐわない働きをもつスピードブレーキが格納されていない状態になっていることもあわせて検知したとき（これも技術的には容易です）、スピードブレーキを自動的に格納させるしくみが備えられていれば、墜落は回避できたはずだと考えられています。

自動車の場合でも、「運転はあくまでもドライバーが主体となって行うものである」という考え方が今まで基本になってきており、上で述べた人間中心の自動化に近い側面があります。しかし、自動車を運転する一般のドライバーは、自動化システムを使いこなすための教育・訓練を徹底的に受け続けなければならないパイロットとは大きく異なります。そのため、「自動車ドライバーのための人間中心の自動化」は、「航空機のパイロットのための人間中心の自動化」とは同一ではないと考えるのが自然です。すなわち、自動車の場合に「行為実行の自動化」をどのように進めていくかは、自動車を運転する人の特性と自動車の走行環境の特徴などを踏まえて、広い視野で検討していく必要があります。