

18. 直視3次元ディスプレイによる航空機位置表示

管制システム部 ※塩見 格一

1. はじめに

急激な情報処理システムの発展は歴史的にも経験したことの無い社会変革をもたらした。或いはゲーテンベルク以来か？

航空交通システムはより包括的な ITS (Intelligent Transportation System) コンセプトに組込まれようとしており、航空管制情報処理システムも、今まさに、再構築の時を迎えている。

1.1. 研究の背景

初期的には航空機運航における安全間隔確保が目的であった航空管制業務であるが、今日は、併せて運航効率化への対応が強く求められている。即ち管制業務において、レーダ管制官相互の調整業務や交通流管理業務の重要性が高まっている。

航空機は高度な運航管理機能や空域監視機能を有するようになっており、フリーフライトの導入も案外近いのかも知れない現状においては、一部管制側業務を航空機側に移行することも真剣に検討されなければならない。

1.2. 技術的環境

ADS によりレーダ覆域外を航行する航空機もレーダ覆域内の航空機と同様に監視することが可能となり、更には空地データリンクにより、航空機はリアルタイムに自機の運航情報をダウンリンクできるようになる。

また、管制側においても各航空機がその状況において希望する運航プロファイルをリアルタイムに知ることが可能となり、個々の航空機に対してより親切的な管制業務を行える環境は整いつつある。

1.3. 業務形態への対応

従来、管制情報処理システムは、個別の航空機にリアルタイムに対応するレーダ管制業務を中心に置いて、これへの対応を第一の目的として構築されて来たが、調整業務や交通流管理業務の役割の拡大はシステム構築の考え方にも変革を求めている。即ち、レーダ管制業務を起点とするツリー構造を有するシステムを、レーダ管制業務、調整業務、交通流管理業務を相互接続する、更には将来的に必要とされる業務の追加を可能とする、ネ

ットワーク構造に再構成することが必要になっている。

複数の業務から夫々の立場で参加する者により何等かの意志決定を行う場合、それがどのような業務であっても、その意志決定が適切に行われるためには、夫々が有する情報が適切に提供されなければならない、また夫々がその情報に適時アクセスし、それに対する判断を表明することが可能なシステムが必要不可欠である。

このことは管制情報処理システムにおいても同様であり、次世代の管制情報処理システムは、管制業務に参加する者が夫々に情報を共有する場として構築されなければならない。

1.4. 増大する情報への対応

将来の管制情報処理システムにおいては、情報処理技術の高度化等により、今日管制官が行っている作業の機械的部分が自動化されるであろう。しかし、上記の様な管制業務への参加者の増大は、情報量の全体的な増大と判断を下すまでの情報の収集と整理に係る業務負荷の著しい増大を招くであろうことは想像に難くない。にも拘らず、例えば、レーダ管制業務において求められるタイムクリティカル性が緩和される様なことは期待できず、寧ろ何等変わることはないのであり、管制官の業務負荷は、処理対象機数が増えれば、またより丁寧な管制を行おうとすれば、明かに増大するであろう。

当所で進めている管制情報処理システムのヒューマン・インタフェースの高度化に関する研究は、上記の様に想定される業務負荷の増大に対応する管制卓を実現することを目的としており、本稿において報告する3次元直視ディスプレイによる情報表示システムの試作も、その一環として行ったものである。

現在、「想像力を働かせなくとも見れば分かる」情報表示形態を実現するデバイスとしての可能性につき検討を進めている。

なお、3次元直視ディスプレイの表示そのものを2次元的な紙面に表示することは出来ないのも、この点については、残念であり、また恐縮もするが、読者諸氏には想像力を働かせて読んでいただける

ことをお願いしたい。

2. 3次元的な情報表示

まず、印刷原稿により理解できる例を使用しながら、航空機位置の3次元表示の意味について述べる。

2.1 プラットフォームの発展

コンピュータ・ゲームからの需要によるのか、3次元的なグラフィックス処理技術の発展は著しく、今日では、およそ不必要と思われるものまでが立体的な文字や図柄により表示されるようになってきた。ライブラリが、或いは制作者の創造力が貧弱であるためか、画一的なデザインのものが多いが、今日の3次元表示に係るプラットフォームの性能が数年前に比較しても驚く程に高度なものであることは明らかである。

2.2. 3次元表示の情報量

文字でも図柄でも3次元的な表示を行えば、物理的な情報量は飛躍的に増大する。従って、これを見る者の“脳”が処理しなければならない情報も必然的に増大しているであろうことが予想される。

一般的に、処理すべき情報量が多くなればなる程に、これも必然的に、誤解等ヒューマン・エラーの発生する可能性は増大する。

無為な情報量の増大による業務負荷の増大が好ましい筈はないから、今日においても航空管制業務に3次元鳥瞰表示等が使用されていないのは、一つの見識であるのかも知れない。

確かに、些細なものであっても、無駄な情報を排除する様な作業には手際の良さが要求され、こ

の様な作業の必要性は、ヒューマン・エラー防止の観点から好ましいことではない。

2.3. 3次元鳥瞰表示

航空機の位置を3次元的に表示する場合、2次元的に表示する場合に比較して、視点や遠近感等に係る幾つものパラメータを設定しなければならない。

3次元表示を見る者に直接に意識されることは余りなくとも、必然的に表示情報量は遥かに大きくなり、“見ること”に係る業務負荷は増大する。

視点や遠近感の設定が適切であれば、業務負荷の増大は比較的抑えられるが、ディスプレイ性能の制限等により必ずしも『自然な感じ』を演出できる訳ではなく、結果的に、表示が不自然なものとなれば、業務負荷の更なる増大は避けられず、加えてヒューマン・エラー発生の可能性も高まることとなる。

しかしながら、我々は日常的に両方の目を使って3次元的に世界を見ている訳であり、また航空機の運航は3次元的なものでもあり、その位置を3次元的に表示することが全くメリットを有さない筈はない。

以下に紹介する様に、幾つもの3次元的な表示形態が検討されている訳であり、幾つかの前提条件が満足される時には、平面的な表示よりも3次元的な表示の方が優れていると思われる場合が存在する。

図1は、航空機から垂線を降ろすことにより、その平面的な位置関係を併せて表示しようとした例である。

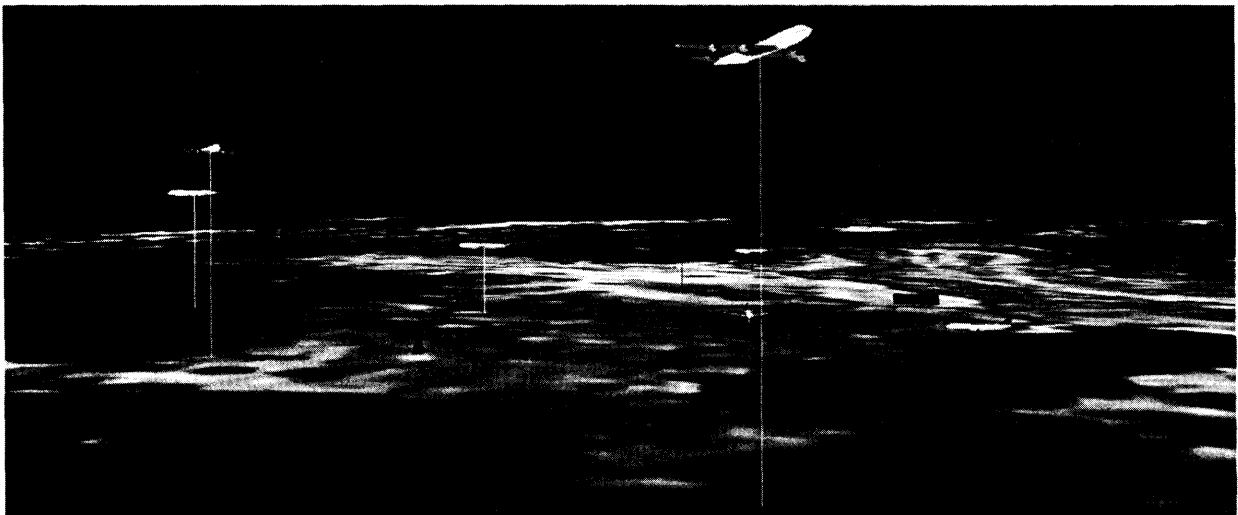


図1 航空機位置の3次元鳥瞰表示例

2.3. 表示例

図2は TPG 社により提供されている航空交通シミュレータに採用されている表示例であるが、航空機シンボルに対して複数の垂線を表示することにより、その長さと同隔で高度と速度を表現している。

複数の垂線により飛行高度の変化を視覚的に理解できる良く考えられた表示形態である。

しかし、実際の管制業務に使用するには必ずしも適していない。特に3次元表示の必要性が高いと考えられる、航空機密度が高い状況において、画面が垂線だらけになってしまう。

図3は、2つの航空機相互の平面的な距離と高度差を1つの三角形で表示している。管制官は三角形の面積や形状が変化する様子を監視することで、航空機の相対的な位置関係の変化を視覚的に理解することができる。この表示形態は警告表示には適していると思われるが、単純にこのままでは、航空機が3機以上に増えた場合にも適切な視認性を確保できる訳ではない。

航空機位置の3次元表示においては、実際に表示システムを試作して見れば明らかであったが、従来の平面的な表示システムに比較してかなり狭い領域の表示しかできない。

3次元表示においては、距離感は航空機シンボルの大きさを調整することによって表現しなければならないため、視点から遠くにある航空機の位置関係を従来のレーダ・イメージ程には明確に表示し得ない。

3次元表示は、複数の航空機が頻繁に高度変更を行う空域の監視や、空港に曲線進入を行う様な状況の監視に有効とは思われるが、そのためには、3次元表示を意味のあるものとする精度で航空機の位置が計測できることが必要であり、現用レーダや将来的な ADS による測位精度が十分なものであるか否かは疑問である。

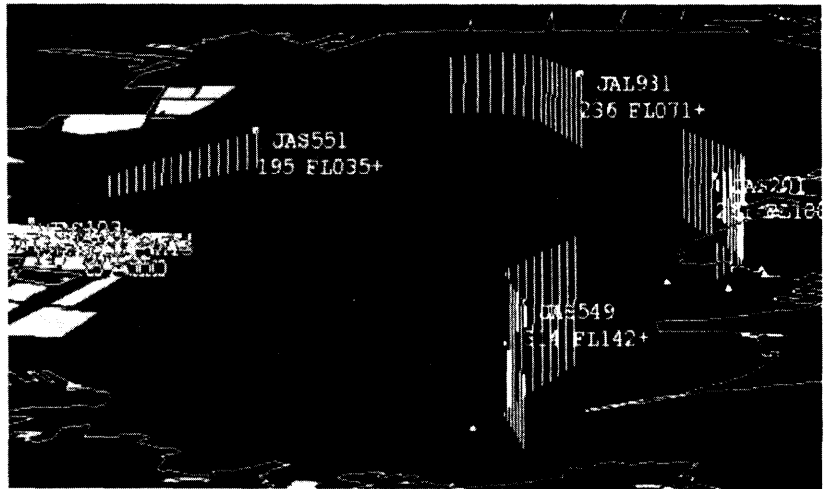


図2 高度と速度を垂線により表示した例

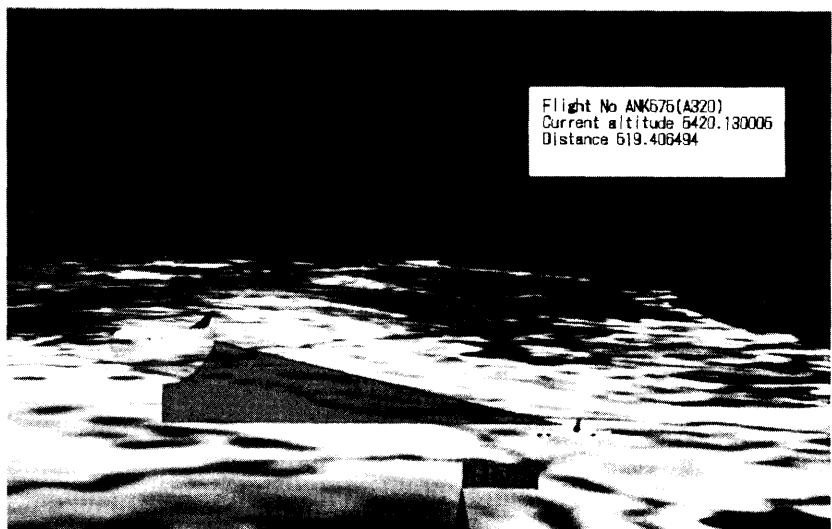


図3 2つの航空機相互の位置関係を三角形シンボルで表示した例

2.4. 3次元直視表示

平面的なディスプレイに3次元的な情報を射影して表示しようとする限り、先の図1～3の例の様に、認識を助けるための補助線を発生させることは必要不可欠であった。

3次元直視ディスプレイは、表示面にラスタ・ピッチに合わせて多数のプリズムを配することにより、裸眼に立体的な視角情報を提供するデバイスであり、先の鳥瞰表示とは一線を画する描画性能を有している。

印刷によっては、その性能を示すことが出来ないのは残念であるが、見る者の頭の位置や視線方向を合わせて入力すれば、“ドラえもののどこでも窓”と言った感覚のディスプレイである。

従って、先の図2に示した例の様に多数の垂線を示さなくとも、航空機の位置関係や高度の変化

を直接に感ずることができる。

十分な解像度を実現することができれば、恰も自分が鳥になったような気分で空域の監視を行うことができそうであり、また曲線的なプロファイルを同時に複数描画しても、その立体的な位置関係を把握することは容易であり、従来の鳥瞰的描画システムのように図形を回転させて確認する必要等は殆どない。しかしながら、監視空域の広さ等に関して先に述べた3次元表示の問題点を解決するものではあり得ない。残念ながら、現時点までの研究開発結果からは、未だ航空機位置の3次元表示の有用性を論証することは難しい。

現在、我々は、今日より遥かに高度な管制業務が必要とされる状況に対応するものとしての可能性を検証すべく更なる試作開発を進めたいと考えている。

我々は、立体的な視覚において日常生活を送っている訳であり、管制塔においては立体的に外を見た管制業務が行われている。

3次元的な航空機の運航を3次元的に適切に表現できれば、2次元的なイメージから3次元的な状況を想像しながら業務を行うよりも、業務負荷を軽減できることは明かと思われ、従ってヒューマン・エラー等の低減にも有効と思われる。にも拘らず、3次元表示の有効性を見出すには、或いは有効な3次元表示システムの実現には、未だかなりの時間がかかりそうであり、このことの裏側では、何等かの固定観念が我々を捕えているのかも知れない。

4 おわりに

上記の、「存在するかも知れない固定観念」を発見する人の登場を期待して、表示装置、更には、管制卓、将来の管制情報処理システム全体の機能や目的について、幾つかの確認事項等を述べたい。

4.1. 業務調整の意義

先ず、複数の人間が運営するシステムにおける業務は全て調整業務としての性格を有しており、システムの効率化においては、調整業務の効率化に係る部分が大きい。

航空管制業務は、管制官とパイロットの間の航空機の運航に関する調整業務であり、また管制官相互の調整業務も重要な部分である。

一方が何等自らの意志を持たない場合には、そこには従属関係しか存在せず、単なる命令と従属の関係においては調整業務等は存在し得ない。

一方が自らの意志を持とうとしても持てない場合も同様であって、やはり調整業務等は存在し得ない。そこには命令と服従、或いは不服従しか存在しない。

調整業務は、相互に自らの意志を持つことを前提とするものであり、自らの意志を持ち得る環境の整備が必要不可欠である。

4.2. 情報格差の解消

業務調整の成否は共有される情報に依存する。業務調整を効率的に適切に実施するためには、十分な量の情報を正しく共有しなければならない。

相互に情報格差が存在する場合には、必然的に依存関係が発生し、一方は他方の単なるアシスタントの役割しか果たせなくなる。今日の高度情報化は、このアシスタントを情報処理技術により実現することを目的として進められている訳であるから、その様な状況において、人間のアシスタントはその存在価値を維持し得ない。

システムにおいて複数の人間が存在することの意義は、長期的には後継者の育成にあることもあるが、日常の目的においては、人間が行わなければならない判断等業務の質的な管理、即ち判断結果の質の向上にあることは明らかである。

我々は、情報の社会的な価値は独占によってではなく共有によってのみ存在することを理解しなければならない。

4.3. 人間性による障害

システム・セキュリティーが問題とされる時、同じシステムを運営している人間においても、情報へのアクセスに関して様々な制限が設けられることは珍しくないが、また必要ではあっても、これが人間資源を効率的に活用することに対する障害となっていることは明らかである。

共同作業の実施において情報格差は先ず第一に解消されなければならない問題であるが、マックス・ウェーバが指摘するとおり、人間は権力指向な存在であり、その権力が情報の独占に基づくため、その完全な解消は将来的にも不可能である。また、多くの権力は不完全であって、権力はその不完全さを隠蔽するためにシステムを複雑化する訳であるから、我々は、人間性そのものがシステムの合理化を妨げていることにも気付かねばならない。

良いアイデアを思いついた方は是非ご一報下さい。(to shiomi@enri.go.jp)