

15. レーダ・スコープ上航空機位置の3D表示について

電子航法評価部

※塩見 格一

1. はじめに

現用レーダ・スコープにおいて、航空機の位置情報表示には、2次元平面に対してマッピングした形態が採用されている。

現実の航空機の運航が3次的ではあっても、巡航状態における飛行高度が離散的であることにより、その空間的な広がり方は2次的であり、上記のような2次的な表示形態に正当性が与えられ、よって従来よりリアルに航空機の位置を3次元表示することの効果には疑問がもたれてきた。

また、表示装置が通常 CRT や LCD である限り、航空機の位置情報等を内部的に3次元処理したとしても、結局のところは視点を与えた2次元の射影表示とするほかなく、このような3次元表示を、例えば現用レーダ・スコープのように情報量の多い（2,024ピクセル×2,048ピクセル以上の表示容量を有する。）ディスプレイにおいて動画としての違和感なく表示するに十分な性能を有するハードウェアが存在しないため、先の疑問に対しても明確な回答を示すことは不可能であった。

およそ不十分な性能しか有さない3次元グラフィックス・システムを用いては、航空機の位置情報の3次元表示が無意味なものであることや、或いは2次元表示の方が優れていることを証明することは不可能である。

先入観を廃して冷静に考えれば、将来的にグラフィックス性能において理想的な3次元表示装置が実現される場合、明らかに2次元表示装置により提供される情報は全て、その3次元表示装置によって同等以上の品位において表示が可能となるはずである。

最近の情報処理技術の発展は過去にも増して著しく、航空機の位置情報表示に供する程度において十分に理想的な3次元表示システムも近い将来には実現されていると思われる。

現在は、次世代のレーダ情報システムについての様々な検討が進められている状況にあり、当所においてもこれらの検討に資するためレーダ・イメージの3次元表示システムについて調査検討を行った。

以下、調査結果を紹介すると共に、これに係る

技術開発の背景にある考え方を述べ、また併せて作成したコンセプト・モデルについて紹介する。

2. 調査結果

航空管制情報表示への利用を想定された3次元GUI（Graphical User Interface）の構築を可能とするプラットフォームの開発、またその利用状況について調査を行った。

調査は、Aviation Week, AIAA-Aerospace, ATCA-Journal の3誌について1995年1月号から2000年12月号までを査読することにより行い、併せてインターネット上に公開されている情報についてもキーワード検索等により調査した。

上記調査の結果、今日までの航空管制情報処理システムにおいては、3次的な航空機位置情報表示やその表示を利用したGUI等で実用化されたものは、未だ存在していないであろうことが明らかとなった。3次元表示や3次元GUIの航空管制情報処理システムへの導入がもたらす効果や影響についての研究は、欧米においても、今まさに始められたばかりであり、またこれから始められようとしていることが分かった。

また、上記調査の結果、航空管制情報処理システムは、コンピュータのアプリケーションでありながらも極めて限定的な用法によるものであり、一般的にメインフレームからパソコンへと高性能化と分散化の歴史と捉えられるコンピュータの発展とは全く異なる歴史を有することが理解された。

コンピュータの情報処理機器としての発展は、その操作性の向上による適用分野の急速な拡大を追い風として更なる操作性の向上を実現する良い循環に支えられたものであり、その技術開発の内容もハードウェアを中心としたものからソフトウェアに重きを置いたものへ移行してきた。今や既に、情報処理基盤としての価値は、単独のコンピュータにではなくインターネットにあることは、人間の住む空間の価値が、大勢の人々が集中した都市においては、住宅にではなく街路に移ることに同様である。

これに対し航空管制情報処理システムは、コンピュータによる広域的な情報交換システムの構築

が今日より遥かに困難であった時代に、その時代においては極めて高度であった技術を駆使して構築されたネットワーク指向なシステムである。多くのハードウェア的な制限を克服して構築されたシステムであり、以降今日まで、それらの制限に支配されたまま、全体の構造についてはこれを殆んど変えることなく、これを構成するハードウェアを主とするユニットの交換のみにより、その都度の必要に対応してきている。

現在、従来の航空管制情報処理システムは、その構造的な制限を残したままでは将来の必要に対応し得ないことが明らかと考えられる状況にあり、現状ないしは近い将来のインターネットを基盤とする普遍的社会的な情報処理システムとの本質的な融合が望まれている。

将来の航空管制情報システムは、これを継続的な発展を可能とするためには、普遍的な情報処理技術のアプリケーションとして構築されることが必要であり、また効率的な機能向上等を可能とするためには、他の情報処理システムと同等なガイドラインに従う対ヒューマン・インタフェース相互接続性が実現されると共に、操作性においても同様なガイドラインが適用されることが重要である。

3. 技術開発の背景

GUIはマウスの発明と共に誕生したものであり、不必要な順序関係にとらわれることのない効率的なデータ入力を可能とした。また更に、高度なグラフィックスの利用により GUI は視覚的な理解による素早い入力を可能とし、コンピュータの汎用情報処理機器としての操作性を著しく向上させた。

文字列による情報は1次元的であり、これを理解するためには読まなければならない、必然的に文字を読むための時間を要する。情報の内容が2次元的なものである場合、読んだ文字情報から2次元的なイメージを描くことが必要であり、1次元的な情報提示形態は、明らかに2次元的なグラフィックス表示よりも認識能において劣り、信頼性も低くなる。

航空機の運航は3次元であるから、2次元的に位置を表示する場合、残りの次元については文字情報として、或いは予め設定された色分け等により表示しなければならない。一般的に現用の航空管制用レーダは航空機の位置関係を平面的に表示するイメージを提供し、高度情報は航空機シンボルに付加されるタグにおいて文字により記述表示

されている。この表示形態において管制官は、先ず航空機の平面的な位置関係を認識し、次に、航空路情報と飛行計画情報より、またそのセクター業務における経験より、数分後から十数分後に平面的な位置関係において近接すると考えられる航空機を識別する。平面的に近接する航空機については高度情報を確認し、必要な管制指示を行うことにより高度において安全間隔を設定する。

管制官の目には、彼らが意識する或いは意識しないに拘らず、レーダ・スコープ上のイメージが入力されている訳で、彼らの航空機相互の位置関係に対する認識が、厳密に上記のような2つのステップを経て行われていると考える必要はないが、彼ら管制官自身においても納得できる説明が言葉により記述できる場合に限って、彼らに違和感少なく使ってもらえる業務援助システムを構築することが可能となる訳であるから、これに代わりより説得力のある説明が述べられない限り我々は上記仮説に対応するものとしてシステムを設計するほかない。

航空機の位置関係についての上記のような認識の手順は、現用レーダの表示形態に対応するものとして合理的であり、現用レーダの表示形態も上記のような認識手順に対して合理的である。即ち、両者（「認識の主体としての人間」と「情報を提供する機械」）の間には強固な相補的な関係が構築されている。利用者の側にシステムに対する不満が山の様に積もっている場合には、利用者はドラステックなシステム・デザインの変更も将来的な改善への期待により受け入れることが出来るが、現用レーダ・システムは高い信頼を勝ち得ており、このような強固な関係が成立している場合、人間の側からの拒絶を伴わずに機械の側の情報表示形態を変更することはきわめて難しい。

人間の側に機械に対する不満がある場合においてのみ、その不満を補う形での改修が可能となる訳であるから、些細な不満や、技術的に不可能で仕方のないこととして、日常的には不満とは認識されていない問題点を発見し、我々は、これらを足掛りに更なるシステム機能の向上を図らなければならない。

4. 航空機位置の3次元表示

航空機相互の安全間隔は3次元的に確保されるものであり、航空管制業務の目的は航空機の安全間隔を確保することにある。従って、2次元的なレーダ・スコープ上に第3の次元に関する情報を文字により表示することにより、その必要に対応

してきた。

今日の航空管制業務には、航空機の3次元的安全間隔の確保に加えて、空域の効率的な利用を目的として4次元的に航空機の運航を管理することが求められるようになって来ている。CRTやLCDを利用した2次元的な表示装置上に従来のレーダと同様に航空機の位置情報を表示した場合、残る2つの次元の情報を同じ表示面に表示しようとすれば、文字で記述表示するか、或いは色分けにより識別できるようにする他ないが、そのように表示された情報から4次元的な運航管理に必要なイメージを得ることは容易ではない。従って、管制官相互の調整業務や航空交通流管理業務においては、全ての情報を1つのウィンドウ内に表示することはせずにマルチ・ウィンドウ・システム或いはマルチ・ディスプレイ・システムを採用し、従来の航空機位置情報表示に加えて、グラフ表示やダイアグラム表示が利用されている。^[1]

グラフ表示やダイアグラム表示は、航空機が航空路上を運航していることから、従来は2次元的に表示してきた情報を1次元的な線上に射影することにより表示に要する物理的次元を下げ、表示装置に残された1つの次元により、従来は視覚的に表示することのできなかった航空機の飛行高度や将来的な予測位置情報を表示しようとするものである。グラフ表示やダイアグラム表示は一見合理的ではあるが、航空管制業務において効率的な空域の利用が重要視される状況においても、航空管制業務の第一の目的が航空機相互

の安全間隔の確保にあることは明らかであり、リアルタイムに管制指示を発出しなければならない業務において、複数のウィンドウ等に表示される情報に満遍なく注意を払わなければならない状況は、業務負荷の軽減の観点から好ましいことではない。しかしながら、調整官や交通流管理管制官が4次元的な情報を利用し業務を行おうとする状況において、レーダ管制官だけが従来どおりに業務を行おうとすれば、航空管制業務全体の整合性が低下することとなり、結果として業務に対する信頼性を損なう恐れも生ずるであろう。

仮に視覚的に3次元的な航空機の位置表示が可能となれば（表示装置が2次元であれば、十分な操作性において3次元表示装置としての機能を実現する必要がある。）、第4の次元については文

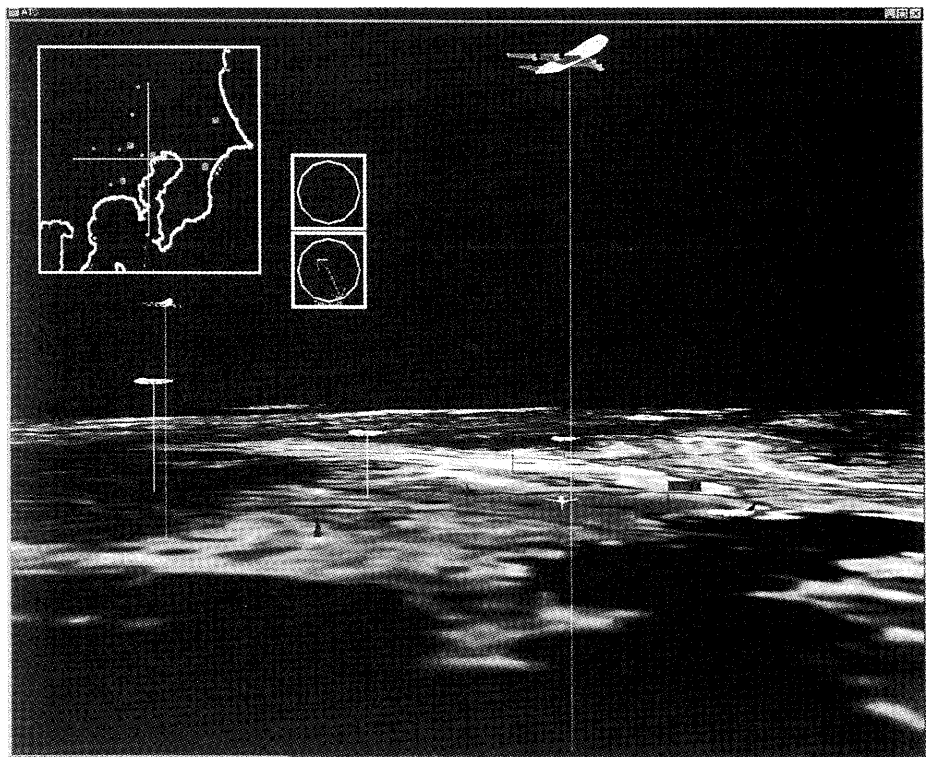


図1 航空機位置3次元表示例

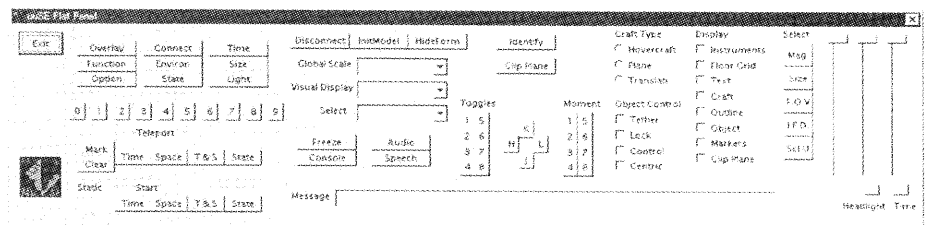


図2 3次元表示制御用GUI

字或いは何等かのシンボル、または色分け等を使用することにより4つの全ての次元の情報を1つの情報表示形態に纏めることが可能となり、レーダ管制官は、従来と同様に1つのディスプレイ上の1つのウィンドウのみに注視すれば十分な情報提示環境を実現することができると考えられる。

情報の必要性と要求される適時性の観点から適切に情報を構造化すれば主表示と補助表示の形態に纏める場合にも、その情報の分割表示に一貫性と合理性を与えることが可能になると考えられる。

図1は米国ミュージズ社により提供されているプラットフォームを利用して試作した、航空機位置3次元表示システムによる表示のスナップショットである。航空機の平面的な位置関係を分かり易くするために、航空機シンボルから地表面に対して垂線を下ろしており、航空機の経路方向に対応した色分け等も可能である。また、視点は任意に動かすことが可能である。

航空機密度が高くなればシンボルの区別が困難になり、表示される情報量が多いだけに現用のレーダ・スコープよりも一層見難くなると思われるが、そもそも航空管制業務は、航空機密度が高い初期状態から開始されるものではなく、航空機密度が空域容量以上に高くないように行われるものであることを考えれば、3次元的位置表示は、局所的に航空機の挙動を監視しなければならない場所に適用することとして、十分に有効なものとなる可能性を有している。

将来的に、複数の航空機が頻繁に高度変更を行っているような空域の監視や、航空機が空港に曲線進入を行うような状況に対処する必要がある場合、現用レーダの2次元的位置表示機能では航空機の挙動が管制指示に従うものであるのか否かでさえ容易には判断できなくなる可能性があると思われる。

本研究は、将来のこのような事態や要求への対応が求められる状況を想定し、これに対応するために開始したものである。

5. おわりに

本稿において、私は、単純にレーダ・イメージの3次元表示の正当性を主張しようとしている訳ではない。コンピュータの情報処理性能の著しい向上の結果、今日既に、航空機の運航情報程度であればリアルタイムに4次元的な処理が可能であり、その結果を様々な形態において3次元表示することも殆んど問題ないレベルに達している。

本稿の意図する処は、このような状況において、航空管制業務に係るご関係各位に、航空機位置情報の3次元表示について、その意義や可能性について、改めて議論を開始するための契機を提示することにある。

バイオリニストの諏訪内晶子さんが、或るインタビューにおいて、師であるアイザック・スターンから『自分がなぜそのように演奏するのか？』ということ言葉を説明できるようにしなければ上達しない。』といわれたと語っている。

管制官からの要望も管制官への提案も、何となく無くではなく、相互に言葉により納得できるように表現されなければ、現状の複雑なシステムを合理的に再構築すること等は不可能である。管制官諸氏には、我々が理解できるように、理解できるまで、その要求をご説明いただく必要があり、我々には自らの理解の正しさを確信できるまで検討考察を継続する義務があると考えている。

[参考文献]

- [1] 福田他, 国際線の到着機の航空交通流管理手法について, 第1回電子航法研究所研究発表会, 平成13年6月。
- [2] Aviation Week, AIAA-Aerospace, ATCA-Journal の3誌以外に, 1995年1月号以降のComputer Graphics World誌を参照。