

新型航空管制システム用機器

Advanced Air Traffic Control Equipment

加納 治英
KANOU Haruhide

清野 芳徳
SEINO Yoshinori

柿崎 琢志
KAKIZAKI Takuji

航空管制システムのキーコンポーネントとなる，レーダ管制卓及び通信処理装置に，最新の技術を適用した新製品を開発した。DSP(Digital Signal Processor)によるアナログ信号のデジタル処理化，デジタル化に伴うハードウェアの削減，及び回路のFPGA(Field Programmable Gate Array)化やBGA(Ball Grid Array)実装による高集積回路実装の実現など，最新技術の適用により従来装置に比べ，より高性能，低価格で高信頼性を持つ製品化を実現した。

今後，これらの装置を，国内及び海外向けの航空管制システムに広く適用していく予定である。

We have developed advanced air traffic control equipment comprising a radar display console and a communication control unit (CCU). The digital technologies employed in this equipment realize high performance, low cost, and high reliability. A digital signal processor is used to process the digital signals. Field programmable gate array (FPGA) and ball grid array (BGA) technologies are implemented in the digital circuit for high integration.

We are planning to apply this equipment to both domestic and overseas air traffic control systems.

1 まえがき

航空管制システム分野におけるレーダ情報処理システムは，航空機の安全な運航を維持するための基幹システムであり，各構成機器には10年以上の長寿命と，高度な信頼性，機能，性能が求められる。このレーダ情報システムにおいて，主計算機に接続され航空機情報を表示するレーダ管制卓と，主計算機とは別系統で航空機や各管制機関と音声通信を行う通信処理装置(CCU: Communication Control Unit)は，航空管制業務を行う航空管制官が，直接操作を行うことから，もっとも重要な装置の一つである(図1)。

今回，操作性は従来機器と互換性があり，より高性能で高信頼，かつ価格競争力のあるレーダ管制卓及びCCUを開発した。以下，各機器の特長，構成などについて述べる。

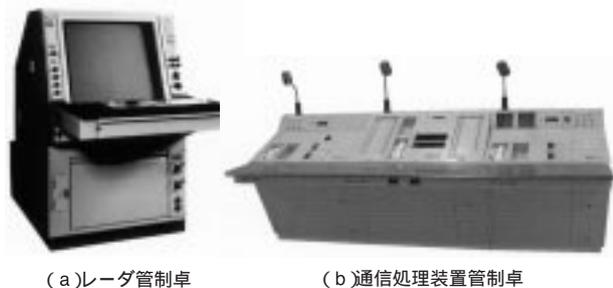


図1. 新型航空管制用機器 航空管制官の主たるマンマシンインタフェースとなる。

Advanced air traffic control equipment

2 レーダ管制卓

2.1 構成

今回開発したレーダ管制卓は，管制判断に必要な航空機速度，高度，位置といったデジタル情報と，航空機や気象，地形情報のビデオ画像といったアナログ情報を重ねて画面に表示する。このため，管制官の主たるマンマシンインタフェースとなる装置である。

この装置の性能を表1に示す。また，図2に示す各ハードウェア構成要素の機能概要について以下に述べる。

2.1.1 主制御部 レーダ管制卓の心臓部であり，主要な機能を以下に示す。

- (1) 主計算機からの航空機情報を解析し表示用のフォーマットに変換後，表示部に送信する。

表1. レーダ管制卓の仕様
Basic specifications of radar display console

項目	仕様
画面サイズ	角型20インチ×20インチ
解像度	2,048ドット×2,048ドット
表示方式	ラスタスキャン
リフレッシュレート	60 Hz
表示色	1,600万色中65,536色
表示航空機	最大512機
表示範囲	最大200 NM
ビデオ入力	最大8チャンネル/ユニット

NM: Nautical mile(海里)

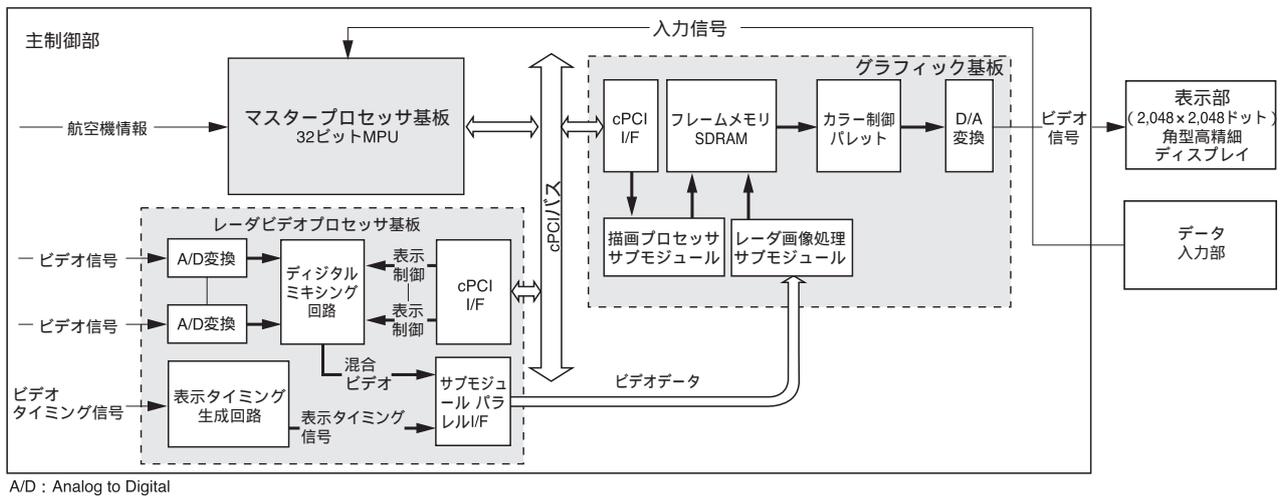


図2. 新型管制卓のハードウェア構成 主制御部を新規設計することにより、基板数を3枚に削減でき、コンパクトな構成になっている。
Hardware architecture of radar display console

(2) レーダから送信されるビデオ信号を表示用フォーマットに変換し表示部に送信する。
 (3) データ入力部による管制官の指示操作を主計算機へ伝送し、指示に対応する航空機の表示を変化させる。
 これらの機能を実現するために、主制御部は次の3枚の基板で構成される。

- (1) 32ビットMPUを持つマスタープロセッサ基板
- (2) 同MPUを持つレーダビデオプロセッサ基板
- (3) 32ビットのグラフィックチップ、192 MバイトのSDRAM(Synchronous DRAM)で構成されるフレームメモリ、D/A(Digital to Analog)コンバータなどが実装されたグラフィック基板

各基板は、コンパクトPCI(cPCI: Peripheral Component Interconnect)バスにより接続され、マスタープロセッサ基板については、航空機情報を制御する主計算機とLANで接続されている。

2.1.2 表示部 縦20インチ×横20インチのサイズで、解像度2,048ドット×2,048ドットのCRT(Cathode Ray Tube)ディスプレイを使用している。D/A変換された航空機情報が、主制御部からこの表示部に送信され、航空機の位置などを表示する。

2.1.3 データ入力部 航空機に対する管制指示を与えるため、キーボードやトラックボール、各種指示ボタンのコントロールを行う。

2.2 特長

2.2.1 角型カラーディスプレイの採用 レーダ管制卓のディスプレイは、従来の22インチ丸型から、20インチ四方の角型カラーディスプレイに変更した。これにより、情報の表現方法が豊富になり、より詳細な情報表示ができる。

2.2.2 標準化技術の採用 将来の拡張性と低コスト化のため、できるだけ標準化された技術を採用した。メインバ

スには、ボードコンピュータのシステムバスとして広く使用されているcPCIバスを用いた。主計算機とのインタフェース(I/F)には、Ethernet^(注1)及び標準プロトコルを採用した。

2.2.3 高性能部品の適用 メインボードのMPU(Micro Processing Unit)と描画用グラフィックチップそれぞれに最新の32ビットMPUを採用した。また、グラフィック用フレームメモリとして、SDRAMを用いている。従来は、高速SRAM(Static RAM)を使用していたが、最近開発された低価格で高速大容量なSDRAMを用いることにした。これらMPU及びSDRAMの採用で、従来に比べ約6倍の描画性能を実現した。

2.2.4 ハードウェアの高集積化 従来の周辺制御回路が不要となる新規D/Aコンバータの採用、カラー制御パレット回路などの周辺回路、メモリデバイスのFPGA化、部品類のBGA実装など、高集積化技術を適用し、省スペースと製造コストの削減を実現した。その結果、基板5枚で構成されていた主制御部ハードウェアを、2枚の基板で構成することができた。これらのグラフィック基板の外観を図3に示す。

2.2.5 ビデオ表示用ボードの開発 ビデオ情報を、デジタル情報と重ねて表示するため、ビデオプロセッサ基板とサブモジュール基板を開発した。ビデオプロセッサ基板は、1ユニットのcPCI I/F基板として、グラフィック基板と同一シャーシに収まる。また、サブモジュール基板は、グラフィック基板上に直接格納される。ビデオプロセッサ基板は、最大8チャンネルのビデオ入力信号を受け、FPGAにて1パッケージ化されたデジタルミキシング回路によりビデオ信号を混合する。混合されたビデオ信号は、輝度や表示範囲の調整をしたうえで、パラレルI/Fを介し、サブモジュール基板に送られる。サブモジュール基板では、信号に対し極座標変換を行い、デジタル情報と重ねるため、グラフィック基

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の商標。

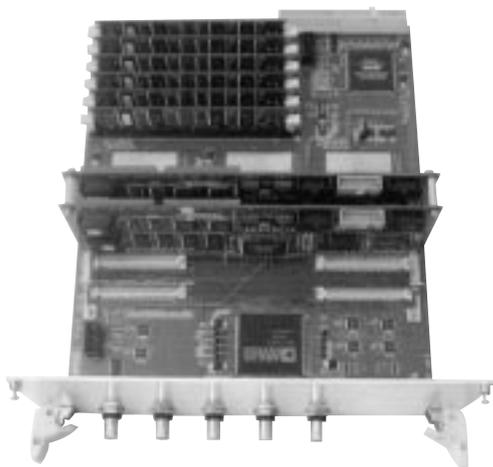


図3 .レーダ管制卓のグラフィック基板 部品のFPGA化 , BGA実装により部品点数の削減と省スペースを実現している。
Graphical processing board

板上のフレームメモリにビデオ情報を書き込む。最終的に、ビデオ情報とデジタル情報が重ねられ、ディスプレイに表示される。

このように、アナログ回路を極力減らし、ビデオ信号を混合する処理のデジタル化、同回路のFPGA化など回路系統を見直した。従来は3枚の基板が必要であったが、1枚の基板とサブモジュールで対応でき、コンパクト化、部品点数削減による信頼性の向上や製造コストの削減を実現した。

3 通信処理装置

3.1 構成

今回開発したCCUは、管制卓(コンソール)及び通信制御装置(コントロールラック)から構成される。無線通信機器や有線電話とのI/F機能を持ち、パイロットや関係施設との音声通話により航空管制を行うシステムである。

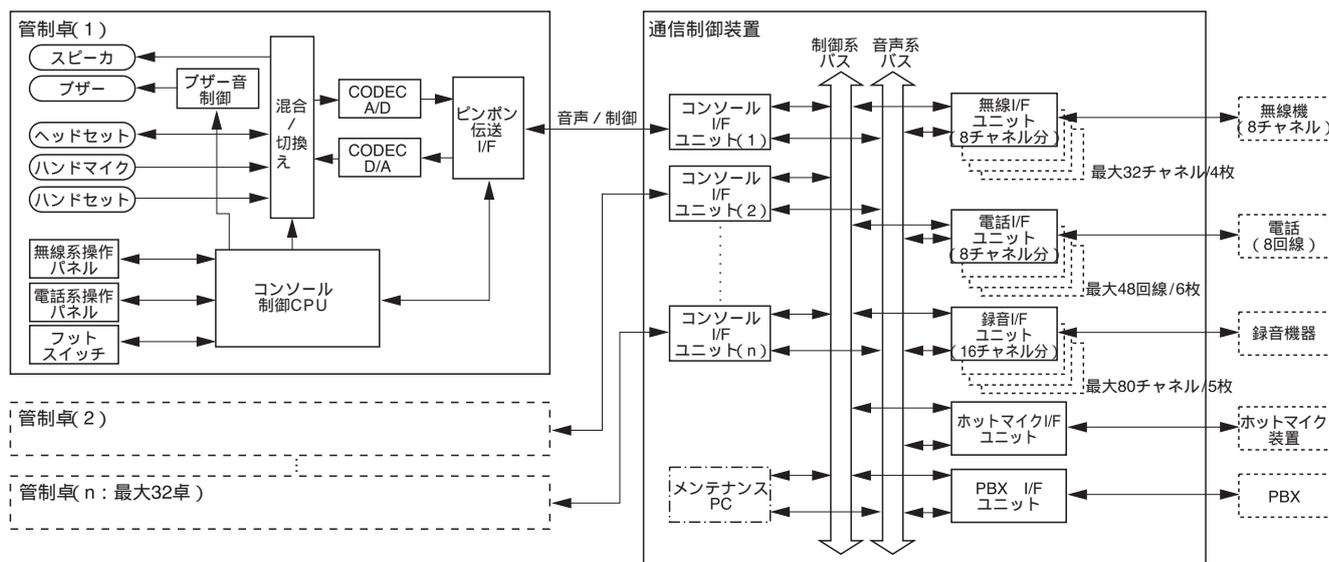
この装置のハードウェア構成を図4に示す。

3.1.1 管制卓(コンソール) 管制卓は、VFR(Visual Flight Rules : 有視界飛行方式)管制卓やIFR(Instrument Flight Rules : 計器飛行方式)管制卓を代表とした航空管制機器として利用されている。管制卓の操作パネルを介して無線通信回線の制御、有線電話回線の呼制御及び管制卓間通信制御を行う。音声I/Fとして、マイクロホン(以下、マイクと略記)、ハンドセット、スピーカが用意されている。音声交換処理は、通話音声信号であるアナログ音声信号をデジタル信号に変換した後、制御装置で行われる。このシステムでは、最大32卓までの管制卓を接続できる。

3.1.2 通信制御装置(コントロールラック) 通信制御装置では、音声交換を従来のアナログ方式からデジタル方式に変更した。無線機及び電話の接続回線数は、基板ユニット増減により対応できることから回線規模に応じて最大512回線までのシステム構築が可能である(図5)。

3.2 特長

このシステムでは、アナログ音声の入出力信号をすべてデジタル信号化し、管制卓と通信制御装置間の音声通信、



CODEC : COder(符号器)とDECoder(復号器)の複合語で、電気信号のA/D変換を行う装置。
PBX : Private Branch eXchange

図4 .通信処理装置のハードウェア構成 通信制御装置における各I/Fユニットがデジタル回路化され、従来と比較して柔軟性の高い構成になっている。

Hardware architecture of communication control unit



図5 . 通信制御装置 増減可能なユニットがラックに格納されている。
CCU exchange equipment

音声交換 , 音声ミキシングといった従来アナログ回路を用いていた処理部分を , すべてデジタル回路で実現した。

通信制御装置のすべてのユニットにCPUを搭載し , 複数CPUによる分散処理方式を採用し , 各CPU間の制御系バスの通信にはトークンリング方式によるローカルネットワークを用いている。更に , 制御系バスを二重化し , バス異常を検出した場合に他系へ切り換える自己診断機能を持つ。ユニットの増減により , システム規模の変化に対応することで , 従来と比較し , 柔軟性 , 拡張性 , 信頼性を大幅に向上した。

3.2.1 デジタル音声交換方式 PCM(Pulse Code Modulation)符号化した64 kbpsのデジタル音声信号は , 16系統分の2.048 MbpsのPCMハイウェイバスにTDM(Time Division Multiple)多重化されている。各ユニットのタイムスイッチLSIを制御し , PCMハイウェイバス上を流れるデジタル音声信号を取り出すことにより , デジタル音声交換を実現している。

3.2.2 DSPによる音声ミキシング 従来のアナログ方式では , アナログ回路により音声ミキシングをしていたため , 調整箇所が多いことに加えて , 音声ミキシング数に応じて回路を変更する必要があった。今回 , 最新のデジタル技術であるDSPを用いた音声ミキシング処理を行うことで , 調整及び回路変更を行う必要がなくなり , ミキシング数の増減(最大20回線の音声多重)に対応できるようになった。

3.2.3 管制卓と通信制御装置間の接続ケーブル省線化 管制卓と通信制御装置間は離れた場所に設置されることが多い。従来 , 音声信号と制御信号を別々のケーブルで接続するためにケーブル本数が多くなり , 音声回線追加変更のたびに配線作業に大変な労力が必要となっていた。今回 , 二つのデジタル音声信号(Bチャンネル)と一つの制御信号

(Dチャンネル)を多重化して伝送可能な , 2B + Dによるピンボン伝送方式を採用することにより省線化を実現した。

3.2.4 管制卓 操作パネルの汎用性 管制卓の無線通信及び電話操作パネルは , システム規模に応じ必要な数を組み合わせて使用できるビルディングブロック構造とした。操作パネルのレイアウトを変えたり , 操作パネルのボタン割当てを自由に設定でき , 多様なシステム要件に対応できる。

3.2.5 システム構成の柔軟性 システム容量を表2に示す。卓数 , 無線チャンネル数などのシステム容量は , 必要とするユニット(コンソールI/Fユニット , 無線I/Fユニットなど)の収容数によって増減できる。無線周波数などのようにシステム要求により変更されるものは , メンテナンス用パソコンからシステム情報をダウンロードする方法を採用し , システム拡張に柔軟に対応できるシステムを実現した。

表2 . 通信処理装置のシステム容量
System capacity of communication control unit

項目	容量
卓数	最大 32
無線チャンネル数	最大 32
電話チャンネル数	最大 48
録音チャンネル数	最大 80
ホットマイクチャンネル数	最大 8
PBXチャンネル数	最大 4

4 あとがき

今回の開発により , 従来品に比べ高性能で , 十分な価格競争力のある製品を実現できた。今後は , これらの製品を適用した航空管制システムを , 国内及び海外に広く納入できるように活動を展開していく。



加納 治英 KANO Haruhide
情報・社会システム社 小向工場 電波応用システム技術
部主務。航空管制システム機器の開発・設計に従事。
Komukai Operations



清野 芳徳 SEINO Yoshinori
情報・社会システム社 小向工場 電波応用システム技術
部主務。衛星通信システムの開発・設計に従事。
Komukai Operations



柿崎 琢志 KAKIZAKI Takuji
東芝テスコ(株) 第3技術部主務。
CCUの開発・設計に従事。
Toshiba Tesco Corp.