

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5010863号  
(P5010863)

(45) 発行日 平成24年8月29日(2012.8.29)

(24) 登録日 平成24年6月8日(2012.6.8)

(51) Int. Cl.		F I	
<b>B 6 4 D</b> 45/00	(2006.01)	B 6 4 D	45/00 A
<b>G 0 8 G</b> 5/00	(2006.01)	G 0 8 G	5/00 A

請求項の数 34 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2006-194515 (P2006-194515)	(73) 特許権者	503295378
(22) 出願日	平成18年7月14日(2006.7.14)		イノベティブ・ソリューションズ・アンド・サポート・インコーポレイテッド
(65) 公開番号	特開2007-55587 (P2007-55587A)		アメリカ合衆国・ペンシルバニア・19341・エクストン・ペンシルバニア・ドライブ・720
(43) 公開日	平成19年3月8日(2007.3.8)		
審査請求日	平成21年4月13日(2009.4.13)	(74) 代理人	100065248
(31) 優先権主張番号	11/212,059		弁理士 野河 信太郎
(32) 優先日	平成17年8月24日(2005.8.24)	(72) 発明者	ジェフリー エス. エム. ヘドリック
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国、ペンシルヴァニア 19355、マルヴァーン、ローレル サークル 14

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 グラフィック画像の完全性を有する改良航空計器表示システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力される航空機及び環境センサデータの共通の集合に基づく航空機飛行情報をビットマップ表示で画像化するための航空計器表示システムであって、前記ビットマップ表示は、その全体に渡る位置に存在する個別にアドレス可能であって、かつ前記ビットマップ表示で画像を生成するための動作可能な複数のピクセルで形成され、

前記表示システムは、ビデオグラフィックスプロセッサを備え、改良は、

前記表示システムが、前記ビデオグラフィックスプロセッサと、前記表示システムへの入力との間に動作可能に連結される共通プロセッサを備え、

前記共通プロセッサが、完全性検査機能及びグラフィックスレンダリング機能の両方を提供する手段を含み、

前記完全性検査機能が、前記ビデオグラフィックスプロセッサの機能が適切であるかどうか検証し、

前記グラフィックスレンダリング機能が、前記ビデオグラフィックスプロセッサを介して前記ビットマップ表示を生成するための表示出力情報を生成するために前記共通プロセッサに提供される航空機及び環境センサデータの共通の集合を使用し、

前記完全性検査機能が、前記ビットマップ表示のためのピクセル検証マップを生成するために前記センサデータを使用し、

10

20

前記ピクセル検証マップは、少なくとも1つの検査ピクセルを有し、  
前記グラフィックスレンダリング機能が、前記ビデオグラフィックスプロセッサに対してレンダリング要求を生成し、  
前記ビデオグラフィックスプロセッサが、航空機の動作中に航空機の乗組員によって使用される前記航空機飛行情報のグラフィック表示として前記ビットマップ表示を生成することを含み、  
前記完全性検査機能が、前記ピクセル検証マップが有する前記検査ピクセルと、前記ビットマップ表示の個別にアドレス可能な複数のピクセルに対応するレンダリングされたピクセルとの間の不一致を検出するためにピクセル検証マップを使用する改良航空計器表示システム。

10

**【請求項2】**

前記ビデオグラフィックスプロセッサは、前記ビットマップ表示を生成するためのビデオメモリを備え、  
前記ビットマップ表示は、動画表示を提供するための複数の表示フレームを含み、  
前記ビデオメモリは、前記ビットマップ表示が前記動画表示を含む場合に前記ビットマップ表示の裂けを防止するために前記表示フレームをマルチバッファリングするための手段を備える請求項1に記載の改良航空計器表示システム。

**【請求項3】**

前記ビデオグラフィックスプロセッサは、前記ビットマップ表示を生成するためのビデオメモリを備え、  
前記グラフィックスレンダリング機能は、前記ビデオグラフィックスプロセッサに対する直近のレンダリング要求に対応した前記ビデオメモリ内でのメモリ位置を前記完全性検査機能に知らせる請求項1に記載の改良航空計器表示システム。

20

**【請求項4】**

前記ビットマップ表示は、カラー表示であり、  
前記検査ピクセルは、前記ビットマップ表示上のX及びY位置、及びその検査ピクセルに関連した色によって特定される請求項1に記載の改良航空計器表示システム。

**【請求項5】**

前記ビデオグラフィックスプロセッサは、前記ビットマップ表示を生成するためのビデオメモリを備え、  
前記完全性検査機能は、前記検査ピクセルと、前記ビデオメモリ内にある前記ビデオグラフィックスプロセッサによってレンダリングされた対応するピクセルとを比較する請求項1に記載の改良航空計器表示システム。

30

**【請求項6】**

前記ビデオグラフィックスプロセッサは、前記ビットマップ表示を生成するためのアンチエイリアシングされたグラフィック画像化データを生成するための手段を備える請求項1に記載の改良航空計器表示システム。

**【請求項7】**

前記ビットマップ表示は、カラー表示であり、  
前記検査ピクセルは、前記ビットマップ表示内の情報が前記ビットマップ表示内の正しい位置に描かれていることを検証するための前記検査ピクセルに関連した色によって特定される請求項1に記載の改良航空計器表示システム。

40

**【請求項8】**

前記ビットマップ表示は、前記ビットマップ表示で表示された何れのオブジェクトの色とも異なる背景色を有するカラー表示であり、  
前記オブジェクトは、人間の目には事実上同一色であるが、背景色に近い色を有する少なくとも1つのウォーターマークを含み、  
前記完全性検査機能は、ウォーターマークと背景の間の色の差異を検出する手段を備える請求項1に記載の改良航空計器表示システム。

**【請求項9】**

50

前記背景は、オブジェクトとして特有パターンを有するA D I背景であり、A D I背景上の特有パターンは、ピッチ及びロール精度を検査するために利用される請求項8に記載の改良航空計器表示システム。

【請求項10】

前記ビットマップ表示は、複数の連続フレームを備え、ピクセル検証マップは、連続フレームのそれぞれにおいて、少なくとも1つの検査ピクセルを含む請求項1に記載の改良航空計器表示システム。

【請求項11】

前記ビットマップ表示は、表示可能な画像を含み、前記完全性検査機能は、前記表示可能な画像上の全ての点が検査されるまで、前記表示可能な画像の異なる点の不一致を検査する請求項10に記載の改良航空計器表示システム。

10

【請求項12】

前記完全性検査機能は、複雑画像の完全性を検査するために前記ビットマップ表示内にある複雑画像の統計的検出を可能にする手段を備える請求項1に記載の改良航空計器表示システム。

【請求項13】

前記統計的検出手段は、間違っただけの警報がなされる確率を低くしつつ、誤解を招くような画像を高確率で検出することを保証するために前記ビットマップ表示内に十分な数の点を選択する手段を備える請求項12に記載の改良航空計器表示システム。

【請求項14】

前記複雑画像は、1024×768ピクセルのアレイを含み、各ピクセルは、3つのサブピクセルを有し、前記ビットマップ表示は、表示可能な画像を含み、前記システムは、4096通りの組み合わせの色と強度を含むデータストリームで50ミリ秒毎に前記ビットマップ表示をリフレッシュする手段をさらに備える請求項13に記載の改良航空計器表示システム。

20

【請求項15】

前記複雑画像は、所定数ピクセルを有するピクセルアレイを含み、各ピクセルは、所定数のサブピクセルを有し、前記ビットマップ表示は、表示可能な画像を含み、前記表示システムは、所定数の組み合わせの色と強度を含むデータストリームで前記ビットマップ表示をリフレッシュする手段をさらに備える請求項12に記載の改良航空計器表示システム。

30

【請求項16】

前記ピクセルアレイは、1024×768ピクセルを有し、各ピクセルは、3つのサブピクセルを有し、前記リフレッシュ手段は、4096通りの組み合わせの色と強度を含むデータストリームで50ミリ秒毎に前記ビットマップ表示をリフレッシュする請求項15に記載の改良航空計器表示システム。

【請求項17】

前記統計的検出手段は、間違っただけの警報がなされる確率を低くしつつ、誤解を招くような画像を高確率で検出することを保証するためにビットマップ表示内に十分な数の点を選択する手段を備える請求項15に記載の改良航空計器表示システム。

40

【請求項18】

入力される航空機及び環境センサデータの共通の集合に基づく航空機飛行情報をビットマップ表示で画像化するための航空計器表示システムであって、前記ビットマップ表示は、その全体に渡る位置に存在する個別にアドレス可能であって、かつ前記ビットマップ表示で画像を生成するための動作可能な複数のピクセルで形成され、前記表示システムは、ビデオグラフィックスプロセッサと、完全性検査機能及びグラフィ

50

ックスレンダリング機能を提供するために前記ビデオグラフィックスプロセッサに動作可能に連結されたプロセッサ手段を含み、  
前記完全性検査機能は、ビデオグラフィックスプロセッサの機能が適切であるかどうか検証し、  
前記ビデオグラフィックスプロセッサは、航空機の動作中に航空機の乗組員によって使用される前記航空機飛行情報のグラフィック表示として前記ビットマップ表示を生成し、  
前記ビットマップ表示は、前記ビットマップ表示に表示された何れのオブジェクトの色とも異なる背景色を有するカラー表示であり、  
前記オブジェクトは、人間の目には事実上同一色であるが、背景色に近い色を有する少なくとも1つのウォーターマークを含み、  
前記完全性検査機能は、ウォーターマークと背景の間の色の差異を検出する手段を備える航空計器表示システム。

【請求項19】

前記背景は、オブジェクトとして特有パターンを有するADI背景であり、  
ADI背景上の特有パターンは、ピッチ及びロール精度を検査するために利用される請求項18に記載の航空計器表示システム。

【請求項20】

航空計器表示システムにおいて複雑画像の完全性を検査するための方法であって、  
前記航空計器表示システムは、ビットマップ表示を備え、かつ、航空機の動作中に航空機の乗組員によって使用される航空機飛行情報の画像を生成するように動作可能であり、  
前記ビットマップ表示は、その全体に渡る位置に存在する個別にアドレス可能な複数のピクセルで形成され、

前記航空機飛行情報は、航空機及び環境センサデータに基づき、  
前記方法は、ビデオメモリから前記ビットマップ表示を生成するためにビデオグラフィックスプロセッサを用いることと、前記ビデオグラフィックスプロセッサへの最新のレンダリング要求における前記ビデオメモリ内のメモリ位置について完全性検査機能に知らせるための前記航空計器表示システムのグラフィックスレンダリング機能を用いることと、前記複雑画像の完全性を検査するために前記複雑画像の統計的検出を用いることとを含み、  
前記統計的検出を用いることは、前記センサデータに基づく前記ビットマップ表示において少なくとも1つの検査ピクセルを含むピクセル検証マップを生成するために航空計器表示システムの前記完全性検査機能を使うことと、前記ピクセル検証マップが有する前記検査ピクセルと前記ビットマップ表示の個別にアドレス可能な複数のピクセルに対応するレンダリングされたピクセルとの間の不一致を検出するためにピクセル検証マップを使用する前記完全性検査機能を生じさせることと、を含む方法。

【請求項21】

間違った警報がなされる確率を低くしつつ、誤解を招くような画像を高確率で検出することを保証するために表示内に十分な数の点を選択することをさらに含む請求項20に記載の方法。

【請求項22】

前記複雑画像は、所定数ピクセルを有するピクセルアレイを含み、  
各ピクセルは、所定数のサブピクセルを有し、  
前記表示は、表示可能な画像を含み、  
前記方法は、所定数の組み合わせの色と強度を含むデータストリームで前記表示をリフレッシュすることをさらに含む請求項21に記載の方法。

【請求項23】

前記ピクセルアレイは、1024×768ピクセルを有し、  
各ピクセルは、3つのサブピクセルを有し、  
前記リフレッシュステップは、4096通りの組み合わせの色と強度を含むデータストリームで50ミリ秒毎に前記表示をリフレッシュする請求項22に記載の方法。

【請求項24】

前記複雑画像は、所定数ピクセルを有するピクセルアレイを含み、  
各ピクセルは、所定数のサブピクセルを有し、  
前記表示は、表示可能な画像を含み、  
前記方法は、所定数の組み合わせの色と強度を含むデータストリームで前記表示をリフレッシュすることをさらに含む請求項 20 に記載の方法。

【請求項 25】

前記ピクセルアレイは、1024 × 768 ピクセルを有し、  
各ピクセルは、3つのサブピクセルを有し、  
前記リフレッシュステップは、4096通りの組み合わせの色と強度を含むデータストリームで50ミリ秒毎に前記表示をリフレッシュする請求項 24 に記載の方法。

10

【請求項 26】

前記システムは、比較器プロセッサをさらに備え、  
前記比較器プロセッサは、センサデータを受け取り、受け取ったセンサデータから前記比較器プロセッサによる比較画像化データを生成し、  
比較画像化データは、飛行情報をビットマップ表示でレンダリングするためにグラフィックスレンダリング機能が生成した表示情報が正当であることを検査するために、複数の飛行パラメータに対してグラフィックスレンダリング機能が生成した表示出力情報のうちの選択された部分との比較のために使用され、  
前記比較画像化データは、所定の表示位置での前記飛行パラメータのそれぞれを視覚的に画像化するために前記ピクセルの前記部分集合のみを動作させる際に用いられる、グラフィックスレンダリング機能が生成した表示情報に対応する請求項 1 に記載の改良航空計器表示システム。

20

【請求項 27】

前記システムは、入出力プロセッサをさらに備え  
入出力プロセッサは、センサデータを受け取り、受け取ったセンサデータをバッファし、バッファされたセンサデータを、前記グラフィックスレンダリング機能及び前記完全性検査機能、及び前記比較器プロセッサへ移送する請求項 26 に記載の改良航空計器表示システム。

【請求項 28】

前記システムは、前記グラフィックスレンダリング機能と、前記完全性検査機能と、前記ビデオグラフィックスプロセッサを連結するデータ移送バスをさらに備える請求項 27 に記載の改良航空計器表示システム。

30

【請求項 29】

前記比較器プロセッサによって生成される前記比較画像化データは、アンチエイリアシングされておらず、  
前記比較器プロセッサは、アンチエイリアシングされていない前記比較画像化データと、前記ビデオグラフィックスプロセッサが生成するアンチエイリアシングされた表示情報のうちの対応するものとを比較し、この比較によって前記ビデオグラフィックスプロセッサが生成する前記表示情報が正当であることを確認する請求項 26 に記載の改良航空計器表示システム。

40

【請求項 30】

前記統計的検出を可能にする手段は、光点のサンプルから不一致ピクセルの報告を検出することと、サンプルの中で不一致ピクセルの不一致の報告が連続した回数を検出することと、特定の間違った警報の確率を超えるものを除く、不一致ピクセルの連続した報告に基づき警報を発することとから構成される請求項 13 に記載の改良航空計器表示システム

。

【請求項 31】

光点のサンプルから不一致ピクセルの報告を検出することと、サンプルの中で不一致ピクセルの不一致の報告が連続した回数を検出することにより、間違った警報がなされる確率を低くしつつ、誤解を招くような画像を高確率で検出することを保証する前記統計的

50

検出を生成することをさらに備える請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 3 2】

前記ビットマップ表示として、前記ビットマップ表示で表示された何れのオブジェクトの色とも異なる背景色を表示することと、  
前記オブジェクトとして、人の目には事実上同一色であるが、背景色に近い色を有する少なくとも1つのウォーターマークを前記オブジェクトの上に表示することと、  
完全性検査機能として、前記ウォーターマークと前記背景との間の色の差異を検出する手段を提供することとをさらに備える請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 3 3】

前記背景は、A D I 背景であり、  
前記オブジェクトの1つの特有パターンを表示させることと、  
ピッチ及びロール精度を検査するために前記 A D I 背景上の前記特有パターンを利用することとをさらに備える請求項 3 2 に記載の方法。

10

【請求項 3 4】

前記ビットマップ表示のための連続したフレームの複数をレンダリングすることをさらに備え、  
前記ピクセル検証マップは、前記連続したフレームの複数のそれぞれにおいて少なくとも1つの検証ピクセルを含む請求項 2 0 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0 0 0 1】

この出願は、単独発明者として Geoffrey S. M. Hedrick を挙げている共有の米国特許第 6, 693, 558 号 (出願日: 2001 年 12 月 14 日, 発行日: 2004 年 2 月 17 日) に関係している。米国特許第 6, 693, 558 号の内容は、その全体がここに参照によって取り込まれる。

【0 0 0 2】

本発明は、航空機 (aircraft) で使用されるフラットパネル航空計器 (flight instrument) 表示システムに関する。

【背景技術】

【0 0 0 3】

30

航空機乗組員 (flight crew) が利用し、かつ信頼する航空機用のグラフィック表示の (graphical) 航空計器を創作するとき、これらの計器が、極めて高い信頼性及び完全性 (reliability and integrity) を有することが必須である。

【0 0 0 4】

従来のシステムでは、航空機の、操縦士飛行表示 (PFD), ナビゲーション表示 (ND) 及びエンジン/電気表示 (ICAS) システムは、全ての関連するパラメータについてのセンサデータ/入力 (大多数が ARINC 429 規格のシリアルフォーマットの約 100 片のデータ) を受け取る。

【0 0 0 5】

このデータは、画像レンダリング (image rendering) を行うシンボル生成器 (Symbol Generator) に入力され、その合理性及び妥当性 (reasonableness and validity) が検査される。パラメータは、利用可能なフォーマットに併せて適切に調整 (scale) される。航空機乗組員が見ることができる表示画面上に関連するデータを報告するために、種々の情報の英数字及びグラフィック画像 (alphanumeric and graphical images) を生成する命令 (commands) が、調整されたパラメータ (scaled parameters) を用いて実行される。

40

【0 0 0 6】

これらの命令は、グラフィック基本要素 (graphical primitives) (例えば、点、線、ポインタ (pointer), 弧、ポリゴン及びフィル命令 (polygon and fill commands), 英数字 (alphanumeric characters)) を含む。一般的な表示は、数千ものこのような命令が、毎秒 100 回のオーダーで実行されることによって生成される。

50

## 【 0 0 0 7 】

これらの生成されたグラフィック基本要素又は基本命令要素(primitive command elements)のそれぞれは、シンボル生成器が受け取ったデータ信号値に応答して、回転、並進、色(例:赤、青及び緑)の修正又は変化又は変動されなければならない。

## 【 0 0 0 8 】

画面表示上での画像化(imaging)のためのこれらのグラフィック特徴部(graphical features)の生成、方向決め及び位置決め(creation, orienting and positioning)は、数千、一般に数万又は数十万行のコンピュータコードを必要とする。

## 【 0 0 0 9 】

一旦、方向決め及び位置決めが行われると、各基本要素は、個々の表示フィールドテキスト(individual display field textels)(点)を計算し、これらをビデオRAM内の800万バイトのピクセルマップ(pixel map)に配置することによって、レンダリングされる。これは、毎秒100回のオーダーでリフレッシュされる。

## 【 0 0 1 0 】

グラフィック表示画面に与えられるデータに対して、アンチエイリアシングを行い、生成される画像ラインをスムーズにする必要がある。これによって、航空機乗組員に提示される表示が、読みやすく、かつ解釈しやすくなるからである。また、表示されるべき情報が、航空機乗組員に素早く伝達可能になるからである。

しかしながら、表示データのアンチエイリアシングは、表示される画像ラインをスムーズにするために各線、弧などに沿った点の部位と、隣接するピクセル(つまり、計算されるデータ点に隣接するピクセル)の強度レベルを計算する必要があるので、極端に計算集約的(computationally intensive)であり、一般に、毎秒8000億命令を要する。

## 【 0 0 1 1 】

この高い計算のオーバーヘッド(high computational overhead)を避けるために、このような表示の多くは、主として垂直スケール(vertical scale)を用いる。垂直スケールは、画像ラインのアンチエイリアシングを必要としない。しかし、垂直スケールは、(1)航空機乗組員が慣れている従来の機械式計器をグラフィック的に描写(つまり、模倣)したり、(2)他の便利で、読みやすく、使いやすく、理解しやすいフォーマットで航空計器データを表示したりするといった、グラフィック的に生成される航空計器の能力を制限する。

## 【 0 0 1 2 】

この従来技術に関連する多くの問題を解決する、同一人によって所有されている米国特許第6,693,558号で述べたように、PC産業から急速に進化するコンピュータ処理及びグラフィックス表示生成技術は、インテルペンティアム(登録商標)4のようなCPUと多くの会社から市販されている特定目的の256ビットパラレルレンダリングエンジンなどの両方において、低コストで格別に強力な計算エンジンを提供する。

## 【 0 0 1 3 】

より強力な計算エンジンが入手可能であることは、さらに能力が高い複雑な表示システムの実施を容易にする。なぜなら、これらの新しいシステムは、一秒間により多くの命令(つまり、コードの行)を実行可能だからである。

## 【 0 0 1 4 】

しかしながら、このコードのサイズと、表示の複雑さは、特にこれらの新しい大きなフォーマットにおいて、航空電子工学産業(avionics industry)では、FAA(連邦航空局)によって飛行に極めて重要な航空機搭載機器(flight critical airborne equipment)に対して要求される厳しい基準に照らして、新たな、改良されたプロセッサ及び表示サブシステムの航空機での許可された使用のために認可を受けるために(in order to certify)航空機で使用されることが意図される全てのコードを試験しなければならないという問題を引き起こす。

## 【 0 0 1 5 】

極めて重要な飛行データをフォーマットし、表示するためにこのような機器によって実

10

20

30

40

50

行される数十万命令が、以前に認可を受けたシステムに対する比較的小幅な変更であっても、一般に5000人月かかる、網羅的で注意深く文書化される試験(exhaustive, carefully-documented testing)を受けることがF A Aによって要求される。

【0016】

さらに、P C産業から広く市販されている低コストで高性能なハードウェアは、現在は、従来の航空計器システムでは使用できない。なぜなら、このようなハードウェアに対する設計履歴及び検証データ(design history and verification data)が製造者から入手可能でなく、その動作信頼性及び設計完全性(operational reliability and design integrity)を示すのに十分なサポートデータ及び試験は、製造者によってなされておらず、これからもなされないからである。

10

【0017】

多くの従来技術の航空計器表示器は、一般に、特定用途のために特別設計された(specifically designed for the particular application)専用プロセッサ(dedicated processors)及びグラフィックスレンダリングチップ(graphics rendering chips)を使用する。

【0018】

F A A認可は、表示システムのハードウェアとソフトウェアの両方が、例えば、広範な試験及び文書化(extensive testing and documentation)を通じて、対象とする航空機飛行デッキ環境(intended flight deck environment)において予期された飛行及び環境データ(anticipated flight and environmental data)で、予期しないエラー又は不正確さ(unexpected errors or inaccuracies)を導入せずに動作可能(operable)であることが徹底的

20

【0019】

これは、一般に、プロセッサ又はチップの履歴又は継承物(history or heritage)が、F A Aに対して十分に文書化されなければならない、ハードウェア及びソフトウェアが、全範囲のデータ(つまり、航空機の通常使用中にチップが取り扱うことが予測される全てのデータ)を用いてチップ内の全ての経路を通るデータの流れ(data flow)が正当であることを確認することによって試験されなければならないということを要求とする。このプロセスは、何ヶ月もの試験を必要とする。

【0020】

その結果、例えば航空機のグラフィックスレンダリングコンピュータのグラフィックスプロセッサを定期的に改良したい製造者は、新しい又は改良されたチップを試験するために事実上全ての時間を費やすであろう。

30

【0021】

現在の、広く入手可能な、比較的安価な、既製のグラフィックスプロセッサチップは、6ヶ月程度毎に改良され、顕著に、より強力に且つより有能になるという事実がある。それにも関わらず、これらの専門化された航空機表示器で使用される専門航空計器プロセッサチップ及びプロセッサの更新又は変更は、現実的な理由により、非常に稀である。これは、これらのチップ及びプロセッサが出力する表示データの妥当性及び完全性を十分に示すためにF A Aが要求する再認可のために絶えず再試験を行うことを避けるためである。

【0022】

従って、航空機で使用され、現在のF A A認可に悪影響を与えることなく、計器表示システムの広範な再認可を必要とすることなく、簡単にグレードアップ可能なグラフィック表示器の構成要素及びサブシステムに対応可能な改良されたグラフィック表示システムに対する要求が常に存在している。

40

【0023】

これらの問題の多くは、共有の米国特許第6,693,558号(以下、「558システム」)で開示されたシステムで満足された。このシステムでは、比較器プロセッサ(comparator processor)が、グラフィックスレンダリングコンピュータプロセッサと共に使用されている。

【0024】

50

グラフィックスレンダリングプロセッサ(ここから航空機乗組員に示される表示が生成される。)は、センサ列(a bank of sensors)及び他の環境及び動作パラメータ(environmental and operating parameters)及び航空機入力(aircraft inputs)によって提供されたデータから、アンチエイリアシングされたグラフィック的に提示されたデータ画像(anti-aliased graphically-presented data images)を表示画面にレンダリングするのに必要な種々の命令を生成するのに動作する。

【0025】

分離された(separate)比較器プロセッサは、同一のセンサ及び入力データ(このデータからレンダリングプロセッサが航空機乗組員に対して表示される画像を生成する。)から選択された複数のデータ点の表示位置及び値(a selected plurality of data point display locations and values)を独立して計算するように構成されている。

10

【0026】

比較器プロセッサは、自身が計算した選択データ点の値及び位置(select data point values and locations)を、グラフィックスレンダリングプロセッサが表示のために生成した対応するデータ点の値及び位置と比較し、その値及び位置が同一であるかどうかを判断し、それによって、表示のためのレンダリングプロセッサが生成したグラフィック画像の信頼性を試験する。

【0027】

比較器プロセッサの出力データは、完全にレンダリングされた画面表示を提供するには意図的に不十分にしている。また、比較器プロセッサの出力データは、グラフィックスレンダリングコンピュータによって生成されたデータの完全性検査にのみ利用されるので、比較器プロセッサには、アンチエイリアシング機能は、要求されない。

20

【0028】

また、'558システムでは、比較器は、比較の際に使用される限定数の選択されたデータ点のみを計算するという動作が好ましい又は意図されている。

これらの理由により、顕著に簡略化された比較器プロセッサの使用が可能になる。データ処理及び比較機能を提供する比較器プロセッサでは、表示用画像を生成するグラフィックスレンダリングプロセッサよりも、必要とされる処理能力と実行命令がはるかに少ないからである。その結果、比較器の迅速なFAA認可が達成可能になる。

【0029】

30

グラフィックスレンダリングプロセッサのデータの完全性に対する検査として比較器プロセッサを使用することにより、グレードアップされたレンダリングエンジングラフィックスプロセッサの置換を、FAAの再認可を得るための広範な(及びもしあれば後に続く)試験及び文書化を行うことなく(without extensive, if any, subsequent testing and documentation)、容易に行うことができるようになる。なぜなら関連する比較器プロセッサは、一般に、変更されないからである。

【0030】

しかしながら、'558システムは、比較ハードウェアを必要とするのに加えて、分離された完全性検査プロセッサ及びグラフィックスレンダリングプロセッサを必要とする。

【発明の開示】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0031】

従って、このようなシステムの改良に対する要求が存在しており、このようなシステムでの複雑画像(complex images)の完全性を検査するための改良された技術に対する要求も存在している。

【課題を解決するための手段及び発明の効果】

【0032】

改良された航空計器表示システムは、入力される航空機及び環境センサデータの共通の集合(a common set of aircraft and environmental sensor data)に基づく航空機飛行情報をビットマップ表示で画像化するための航空計器表示システムであって、完全性検査機

50

能及びグラフィックスレンダリング機能の両方を提供するために、ビデオグラフィックスプロセッサ(video graphics processor)と、前記航空機及び環境センサデータの共通の集合とを動作可能に連結する共通プロセッサを採用する。前記ビットマップ表示は、その全体に渡る位置に存在する個別にアドレス可能であって、かつ前記ビットマップ表示で画像を生成するための動作可能な複数のピクセルで形成される。

【0033】

完全性検査機能は、比較器ハードウェアを必要とせずにグラフィックスレンダリング機能によって生成された画像を直接検査することができる。

【0034】

完全性検査機能は、少なくとも1つの検査ピクセル(check pixel)を含む表示用のピクセル検証マップ(pixel verification map)を生成するために、入力された情報を使用する。

10

【0035】

ビットマップ表示が普通のカラー表示であると仮定すると、検査ピクセルは、ビットマップ表示上のX及びY位置、及びその検査ピクセルに関連した色によって特定される。

【0036】

本発明でのビデオグラフィックスプロセッサは、ビデオメモリを含む。完全性検査機能は、ピクセル検証マップを用いて、検査ピクセルと、ビデオメモリ内にあるビデオグラフィックスプロセッサによってレンダリングされた情報とを比較する。検査ピクセルの色は、前記ビットマップ表示中の情報が正しい位置(correct location)に描かれているかどうかを検証するのを助ける。

20

【0037】

本発明の改良されたシステムでは、ビットマップ表示の背景色は、ビットマップ表示された何れのオブジェクトの色とも異なってもよい。オブジェクトは、人間の目には事実上同一色である、背景色に近い色を有するウォーターマーク(すかし, watermark)を含んでもよい。この場合、本発明のシステムでの完全性検査機能は、人間の目では検出できない、ウォーターマークと背景の間の色の差異を検出することができる。

【0038】

本発明のシステムでのピッチ及びロール精度(pitch and roll accuracy)を検査するために、背景は、オブジェクトとして特有パターン(unique pattern)を有するADI背景である。この特有パターンがピッチ及びロール精度を検査するために利用される。

30

【0039】

本発明では、ビットマップ表示は、通常、複数の連続フレーム(successive frames)を備える。ピクセル検証マップが、連続フレームのそれぞれにおいて、少なくとも1つの検査ピクセルを含む。

【0040】

完全性検査機能は、表示可能な画像上の全ての点が検査されるまで、ビットマップ表示上の表示可能な(displayable)画像の異なる点を検査する。

【0041】

完全性検査機能は、例えば、間違っただけの警報(false alarm)がなされる確率を低くしつつ、誤解を招くような画像(misleading images)を高確率で検出することを保証するためにビットマップ表示内の十分な数の点を選択することによって、複雑画像の完全性を検査するためにビットマップ表示内にある複雑画像の統計的検出(statistical detection)を利用する。

40

【0042】

例えば、複雑画像が1024×768ピクセル(各ピクセルが3つのサブピクセル、赤、青及び緑を有する。)のレイを含む場合、ビットマップ表示は、4096通りの組み合わせの色と強度を含むデータストリームで50ミリ秒毎にリフレッシュされてもよい。このような状況では、1つの光点が偶然によって正しく見える確率は、4096分の1である。

50

## 【 0 0 4 3 】

所望であれば、ハードウェア比較器は、上述のソフトウェア比較器タイプの動作とは対照的に、完全性検査機能によって簡素に表現された(articulated)画像ピクセル(image pixels)の部分集合(subset)をビデオ画像と比較し、全ての不一致(any mismatches)を完全性検査機能に報告するために本発明で利用することもできる。

## 【 0 0 4 4 】

さらに、所望により、ソフトウェア比較器タイプの動作と共に、共通プロセッサの代わりに、ビットマップ表示内の複雑画像の統計的検出を可能にするために、分離された完全性検査及びグラフィックスレンダリングプロセッサが利用されてもよい。

## 【 発明を実施するための最良の形態 】

## 【 0 0 4 5 】

以下に示す各図面では、類似の符号は、類似の要素を示している。

## 【 0 0 4 6 】

図 1 は、米国特許第 6 6 9 3 5 5 8 号(以下、「' 5 5 8 特許」とも呼ぶ)のシステムに従って構成された航空機飛行パネル複式表示システム(aircraft flight panel dual display system)の一実施形態を示す。本発明は、このシステムに対する改良に関するものであり、図 7 ~ 1 0 を参照して後で説明する。

## 【 0 0 4 7 】

図 7 ~ 1 0 に示す本発明の改良されたシステムをより良く理解するために、まず、図 1 ~ 6 を参照して ' 5 5 8 特許のシステムについて説明する。

## 【 0 0 4 8 】

複式制御ステーション(dual control stations)(例：操縦士ステーション及び副操縦士ステーション)は、商業用航空機に一般に存在しているものであり、ここでは、第 1 表示システム 1 0 A 及び第 2 表示システム 1 0 B が示されている。' 5 5 8 特許で開示されたシステム(以下、「' 5 5 8 システム」とも呼ぶ)では、表示システム 1 0 A 及び 1 0 B は、互いに、機能的及び構造的に等価なものである。

## 【 0 0 4 9 】

そこで、説明の便宜上、このようなシステムの 1 つを例にとり、総称的に符号 1 0 を付して、説明を進めることにする。なお、' 5 5 8 システムは、単一の表示システム 1 0 が備えられる航空機での使用にも適用可能であり、図 1 に示すように、これらのシステムを対にして航空機に使用することは、一実施形態であり、用途の 1 つに過ぎない。

## 【 0 0 5 0 】

表示システム 1 0 は、表示画面 1 2 (例：液晶表示器(LCD)、又は他の発光可能な(illuminatable)若しくは別の方法で視認可能な画像表示器)を含む。表示画面 1 2 は、特別設計又は構成されたものであってもよく、公知のものであってもよい。表示画面 1 2 は、動作時に選択的に制御可能な強度レベルの範囲の光を生成することができる、個々にアドレス可能なピクセル(つまり、画素)のアレイを含む。表示器中の各ピクセルは、対応するアドレスを有している。既に知られているように、各ピクセルには、対応するアドレスにおいて制御信号によって個別にアクセス可能であり、各ピクセルは、他の表示ピクセルと共に画像(例：ポインタや他のインジケータ(indicators)、模擬飛行機器及びゲージ、マップ、地形シミュレーション(terrain simulations)、英数字など)を表示画面 1 2 上に描写する。さらに、各ピクセルは、色成分(例：赤、緑又は青(RGB値)、又はこれらの組み合わせ)を表示又は放射(displaying or radiating)することができる。

## 【 0 0 5 1 】

各表示システム 1 0 では、専用のシンボル生成器、すなわち制御器(symbol generator or controller) 1 6 が、計算された画像化データ(imaging data)を生成し、出力する。計算された画像化データは、それぞれの又は対応する表示画面 1 2 で適切なピクセルを光らせ、それによって前記表示器上に対象とする画像を生成するために使用される。画像化データは、センサ測定値及び他の入力データ等から、制御器 1 6 によって導き出され又は計算される(derived or calculated)。入力データは、複数の、航空機及び環境のセンサ若

10

20

30

40

50

しくは入力又は他の航空機システムから得られる。これらは、ここでは、集合的に、センサ又はセンサ列(sensors or sensor bank) 18として参照される。センサ又はセンサ列18は、動的に変化する飛行制御、遠隔計測、大気、位置及び他の航空機及び環境の状態の情報の現在値の確認又は「読み取り」のために航空機の周り及び全体に配置される。

【0052】

飛行制御読み取り及びセンサシステムは、一例では、姿勢方位基準システム(AHRS)データ；高度、方向及び制御(ADC)データ；ナビゲーション(NAV)データ；自動方位測定機(ADF)データ；全地球測位システム(GPS)データ及び装置；航空機インターフェースユニット(AIU)データ及び装置；交通警報及び衝突防止システム(TCAS)データ及び装置；機能強化型地上接近警報システム(EGPWS)データ及び装置；飛行管理装置(FMS)データを含むが、これらに限定はされない。

10

【0053】

図1に示すように、表示システム10は、1つ以上の従来型の予備的な又は付加的な機械式ゲージ又は計器(例：姿勢インジケータ(attitude indicator) 21, 高度インジケータ(altitude indicator) 22及び対気速度インジケータ(airspeed indicator) 24)を含んでもよく、これらに近接して配置されてもよく、これらと共に使用されてもよい。

【0054】

複式表示システム10A及び10Bは、制御器16Aが表示画面12A(例：操縦士ステーション)上に画像をレンダリングさせる(rendering of images on display screen 12)のためのデータを提供し、同様の制御器16Bが表示画面12B(例：副操縦士ステーション)に画像をレンダリングさせるためのデータを提供するように、同時に稼働させる。

20

【0055】

後でより詳しく説明するが、'558システムの経路設定機能又は能力(routing function or capability)によって、一方の制御器からのデータを何れか一方又は両方の表示画面に表示させることができる。これによって、制御器16A, 16Bの一方が機能不全又はそれ以外の部分的若しくは全体的な故障の場合に、他の又は残りの稼働している制御器が同時に両方の表示画面12A及び12Bに画像化データを提供することができる。この特徴は、図1に示されており、制御器16A, 16Bのそれぞれが、両方の表示画面12A, 12Bと通信しているところが示されている。

【0056】

ここで、図2を参照すると、各シンボル生成器、すなわち制御器16は、従来型のPCIバス36を介して互いに通信可能な、入出力プロセッサ30, 比較器(comparator)プロセッサ32及びレンダリングコンピュータ34を含んでいる。この開示から明らかなように、パーソナルコンピュータ産業で一般に使用されている従来型のバス設計を使用することは、レンダリングコンピュータ34を含む図2に示すようなシステムの種々の構成要素(components)間のデータ転送相互接続に容易に対応できるという点で、'558システムとの関係において特に利点がある。

30

【0057】

入出力プロセッサ30は、航空機センサ18からのシリアルデータの受信又は読み取りを行い、読み取ったデータは、比較器プロセッサ32及びレンダリングコンピュータ34がPCIバス36を介してアクセスできるように、入出力プロセッサ30のストレージバッファ(storage buffer)に配置される。'558システムでは、入出力プロセッサ30は、モトローラ8240マイクロプロセッサを組み込むか又は利用し、32個の個別の入力と8個の個別の出力を有し、センサ18, 比較器プロセッサ32, レンダリングコンピュータ34及び表示画面12A及び12Bとデータ通信を行う。

40

【0058】

入出力プロセッサ30は、非常に徹底的なFCC検証及び有効性試験(FCC verification and validation testing)に耐えることが予期される。これは、つまり、当該技術分野及び航空計器産業では周知なように、全てのハードウェア及びソフトウェア経路及び指令(pathway and instruction)が、入出力プロセッサ30が稼働中に曝されることが予測さ

50

れる全ての範囲のデータを用いて試験されることを意味する。

【 0 0 5 9 】

例えば既知の I E E E 4 2 9 バスアーキテクチャー (bus architecture) を用いて実装されたパラレルポートバス 3 8 は、冗長性が与えられ (provided for redundancy) , P C I バス 1 6 が一時的に又は部分的にエラー状態になるか又は故障した (temporary or partial error condition or failure) 場合にシステム 1 0 の制御器の構成要素間の通信能力の継続を保証する (assure continued communication ability) 。電源 2 8 も、システムの一部として又はシステムと共に利用されるように提供され、入出力プロセッサ 3 0 , 比較器プロセッサ 3 2 及びレンダリングコンピュータ 3 4 に動作電力 (operating power) を供給する。

10

【 0 0 6 0 】

図 3 に、入出力プロセッサ 3 0 のブロック図を示す。インターフェース構成要素 (例えば、1 つ以上の集積回路チップの形態のもの) 4 2 は、マイクロプロセッサ 4 6 の制御下で P C I バス 3 6 及びパラレルポート 3 8 を介して、入出力プロセッサ 3 0 への、及び入出力プロセッサ 3 0 からのデータを比較器プロセッサ 3 2 及びレンダリングコンピュータ 3 4 に伝達する。処理変数は、E E R O M 及び E C C R A M メモリ 4 4 に格納される。

【 0 0 6 1 】

操縦席に配置された L C D 表示器 1 2 への表示のための画像化データは、レンダリングコンピュータ 3 4 によって生成される。レンダリングコンピュータ 3 4 は、実質的に従来型の単一ボード及び P C I バスで実装することができる、いわゆる I B M 互換型コンピュータであり、図 4 に示すように、ビデオ送信器 5 2 と高速画像ポート (A G P) インターフェース 5 4 に繋がったグラフィックスプロセッサ 5 0 を有している。

20

ビデオ送信器 5 2 は、選択されたデータ試験点 (data test points) (ここでは、「光点 (points of light)」と呼ぶ。) との比較のため、及びレンダリングされたデータを表示画面 1 2 上に画像化するために、レンダリングされたビデオデータを比較器プロセッサ 3 2 に提供する。

【 0 0 6 2 】

単一ボードレンダリングコンピュータ 3 4 は、マイクロプロセッサ (例: インテルペンティアム I I I 又はペンティアム I V マイクロプロセッサ、又はモトローラ 7 5 0 マイクロプロセッサ) 5 6 を含んでおり、本質的に、既製の、市販の、従来型のマザーボードをベースにしたパーソナルコンピュータである。つまり、グラフィック的にレンダリングされた航空計器及び動的な航空機動作データ及び情報の画像化のためであることが明示されて製造された特注の構成要素で特別設計及び構成されたコンピュータではない。

30

【 0 0 6 3 】

グラフィックスプロセッサ集積回路チップ又は構成要素 (及び任意的にその関連するサポートチップ及び/又は構成要素) は、コンピュータマザーボードに取り付けられた、取り外し可能なメザニン (mezzanine) カードにマウントすることができる。このため、新たな改良された設計及び機能を有するグラフィックスプロセッサが入手可能になったとき、互換性を保った状態で容易に、グラフィックスプロセッサ 5 0 を交換することができる。

【 0 0 6 4 】

5 5 8 システムのグラフィックスプロセッサは、2 4 ビットのカラーピクセルワード出力 (つまり、青、赤及び緑に 8 ビットずつ) を提供する。その出力は、(クロック信号と共に) パラレルからシリアルへの変換器に、その後に表示器 1 2 に供給される。単一ボードレンダリングコンピュータ 3 4 は、所望の画像を生成し、表示器上に配置するための全てのデータ処理 (表示されるデータ及び画像のスムーズなグラフィック表示を生み出すのに必要なアンチエイリアシング計算も含む。) を行う。

40

【 0 0 6 5 】

5 5 8 システムのキーは、実質的に従来型の、市販の、既製のものであり、市場で比較的 low 価格で容易に入手可能であり、定期的に及び頻りに更新及び改良され、強力なマイクロプロセッサ及びグラフィックスプロセッサ及び支援チップセット (supporting chip

50

sets) を用いているレンダリングコンピュータ34の機能と用途 (provision and use) である。この機能と用途とは、表示器12に配置される、動的に変化する、プロセッサ集約型の、十分にアンチエイリアシングされた画像を生成することである。この画像は、航空機を操縦し、動作特性、航空機やその動作環境に関係する他の必須の情報の途切れのない状況認識を維持する航空機乗組員が利用し、信頼することができるものである。

【0066】

このようなハードウェア (例: 強力な低価格なペンティアムベースの単一ボードコンピュータ) を利用することができ、新たな、より強力な能力のあるこのようなプロセッサが市場で入手可能になったときに少なくともそのグラフィックスプロセッサを定期的に更新することができることは、特注構成及び設計されたグラフィックスプロセッサ及び表示レンダリングサブシステム等の航空機表示システムを使用する場合と対比すると、非常に大きな利点がある。これらの特注設計されたプロセッサは、極端に開発コストがかかり、既に使用されているものの何倍もの能力を有する新たなプロセッサの設計及び実装をサポートする技術が継続的に定期的に進歩しているにも関わらず、一旦インストールされると変更されることは稀である。

10

【0067】

'558システムは、表示器12への表示のためにレンダリングコンピュータによって生成される情報の完全性、妥当性、信頼性、精度を、関連する比較器プロセッサ32を使用して継続的に保証するように稼動するシステムを提供する。レンダリングコンピュータ34に比べて、比較器プロセッサ32は、特注設計をベースとすることが好ましく、航空機データのグラフィック的レンダリング表示システムに要求される最も厳しい試験及び試験手順を用いてFAAによる認可を十分に受けることが意図される。

20

【0068】

このレベルのFAA認可試験は、一般に、修正条件決定網羅(modified condition decision coverage) (MCDC) として言及される。'558システムに従って、レンダリングコンピュータ34によって生成される表示データの信頼性の確認は、比較器プロセッサ32によって提供される。

比較器プロセッサ32は、レンダリングコンピュータ34によって生成されるグラフィック的にレンダリングされた情報が表示器12上で画像化される前に、レンダリングコンピュータの表示データの意味のある部分集合を動作中に検証し (operatively verify)、これによって、レンダリングコンピュータ34の現時点で及び継続的にエラーのない動作及び信頼性(current and continued error-free operation and reliability) を動的に保証する。

30

検証プロセスに曝される表示データ (これらのデータ点は、「光点(points of light)」として言及されることがある。) の部分集合(subset) は、特に、表示データの画像パラメータの意味のある断面と集合を定義し (define a meaningful cross-section and set of the display data image parameters)、これによって、対象とするように、エラーのないデータ信頼性の進行中の確認 (the intended ongoing confirmation of error-free data reliability) を達成し、かつ保証するように選択される。

【0069】

比較器プロセッサ32に対してハイレベルなFAA認可を取得することによって、レンダリングコンピュータ34に対する達成不可能なほどハイレベルなFAA認可の必要性は、回避される。

40

【0070】

この構成の利点は、レンダリングコンピュータ34と比較して、特注設計の比較器プロセッサ32のハードウェア及びソフトウェアが、(ハードウェア面とソフトウェア面の両方に関して) 比較的シンプルな構成であり、比較器プロセッサ32に対する最も厳しいFAA認可手順を満たすのに必要とされる時間と労力が、レンダリングコンピュータの対応する認可に必要とされるもの ('558システムのレンダリングコンピュータ34のこのようなFAA認可がどんな状況でも達成できるとする仮定する。) よりも、けた違いに少

50

ないことである。

【 0 0 7 1 】

さらに、比較器プロセッサ 3 2 は、いわゆる光点のみに対する表示データの処理及び生成に動作可能である。従って、一旦認可され、航空機内にインストールされると、比較器プロセッサ 3 2 は、レンダリングコンピュータ 3 4（又はレンダリングコンピュータ 3 4 の少なくともグラフィックスプロセッサ 5 0 又はサブシステム）が新たに入手可能な、及び/又はより強力又は能力がある技術及びチップ設計を利用するためにグレードアップ又は交換されたときに、修正又はグレードアップ又はその以外の方法での変更又は交換が必要ない。

【 0 0 7 2 】

比較器プロセッサ 3 2 のデータ検証機能は、選択される光点と、レンダリングコンピュータ 3 4 によって生成される対応する表示ピクセルに対する表示データとの比較による。従って、レンダリングコンピュータ 3 4 の / に対する (of of to the rendering computer 34 ) グレードアップ又は交換によってレンダリングコンピュータ 3 4 の処理能力及び / 又は機能が強化された場合でも、比較器プロセッサ 3 2 のデータ検証機能は、レンダリングコンピュータの表示データの十分な検査を継続する。

【 0 0 7 3 】

比較器プロセッサ 3 2 は、レンダリングコンピュータ 3 4 よりも著しく単純化されているが、この単純化は、多くの要因が関与した結果である。

第 1 に、比較器プロセッサ 3 2 は、所定の有限数の表示点（光点）のみに対する表示データを処理及び生成するのに動作可能であり、そのハードウェア及びソフトウェアは、同様に、制限された処理動作に特注設計及び構成されている。

レンダリングコンピュータ 3 4 は、表示器 1 2 上の全てのピクセル位置のそれぞれで、グラフィック表示のための色及び強度データを生成しなければならないが、これとは違って、比較器プロセッサ 3 2 は、限定された所定数の表示ピクセルに対する色及び強度データを生成するのみである。

【 0 0 7 4 】

例えば、1 0 2 4 × 7 6 8 の解像度を有する 9 × 1 2 インチのフラットパネル LCD（液晶表示器）に対しては、レンダリングコンピュータ 3 4 は、約 8 0 0, 0 0 0 ピクセル用の画像データを提供し、毎秒 1 0 0 回画像データを更新しなければならない。一方、比較器プロセッサ 3 2 が各表示更新間隔の間に表示データを生成する必要がある光点の数は、好ましくは、数百ピクセルのオーダーである。

【 0 0 7 5 】

さらに、比較器プロセッサ 3 2 は、表示器 1 2 のフィールドのところどころに (about the field of display 12) 選択的に設置された有限数の選択された光点のみに対する表示データを動作可能に計算する。従って、比較器プロセッサ 3 2 が光点の表示データを計算をする際に、比較器プロセッサ 3 2 がアンチエイリアシング処理を行うことが不要である。

アンチエイリアシング処理ルーチンは、非常に複雑であり、プロセッサ集約的である。比較器プロセッサ 3 2 でのアンチエイリアシング処理を省略することにより、特注設計されたハードウェア及びソフトウェアの構成及び動作が大幅に単純化される。

【 0 0 7 6 】

5 5 8 システムでは、第 2 コンピュータ（つまり比較器プロセッサ 3 2）は、同様に PCI バス 3 6 に接続される。比較器プロセッサ 3 2 は、入出力プロセッサ 3 0 から、レンダリングコンピュータ 3 4 と同じセンサ入力及びデータを受け取るが、レンダリングコンピュータ 3 4 と比べると、データ生成の集約度及び要求度がかなり低い (significantly less intensive and demanding data generating requirements)。

レンダリングコンピュータ 3 4 は、航空機乗組員が航空機を操縦する際に頼りにする、アンチエイリアシングされた、英数字的及びグラフィック的に示された全ての情報を表示器 1 2 上で画像化するのに必要なデータを生成することが要求される。一方、比較器プロ

10

20

30

40

50

セッサ 3 2 は、レンダリングコンピュータ 3 4 によって生成される表示データの精度を検証するための試験又は完全性検査点 (test or integrity check points) として使用される、限定数 (例: 1 0 0 ~ 3 0 0 程度) の特定のデータ点のみに対する表示データを生成する。

【 0 0 7 7 】

5 5 8 システムでは、これらの「光点」は、表示フィールドの全体に渡る位置に配置された点の代表的な集合と一致するように選択されることが意図されている。前記表示フィールドでは、重要な航空機及び環境及び状況パラメータ及び示度 (indications) に対するデータが、表示器 1 2 の各周期のリフレッシュ毎に画像化される

【 0 0 7 8 】

選択された光点には、1 つ以上の画像パーツ (例: グラフィック画像化された航空計器及びゲージ等の英数字で示された情報、グラフィック的に定義されたポインタ及びその他のインジケータライン (indicator lines); 数値目盛り (numeric scales) のグラフィックライン及び / 又は英数字; グラフィック画像化されたマップ又はチャートのライン又は特徴部の一部; 及びその他の動的に更新される表示要素) に対するレンダリングコンピュータのデータによって作動される (activated) 複数の表示ピクセルが含まれることが望ましい。

【 0 0 7 9 】

光点の中には、表示フィールドの所定の静的な (又は、より変化の頻度が低い) 部分 (例: グラフィック表示された航空計器の境界又はその他のほぼ静的な表示特徴部又は要素の上 / に沿った (on or along) 部分) に対応して選択されるものがある。

【 0 0 8 0 】

選択された光点は、全体として (又は少なくとも大部分において) 表示器 1 2 上の特定の、固定された、変化しない、所定のピクセル位置に対応するものではない。むしろ、選択された光点は、主に、表示画像が繰り返しリフレッシュ又は更新されたときに、表示フィールド内でのピクセル位置が頻繁に又は時々変化する特定のデータ表示要素を特定するものである。

例えば、グラフィック画像化された対気速度インジケータの回転可能なポインタ上に 3 つの光点 (2 つの端と、ポインタの長さ方向に沿った等距離位置若しくは中央又はその他の所定の位置に対応する。) を定義することができる。ポインタの位置又は回転された方向 (position or rotated orientation) は、対気速度の変化に伴って変化し、これら 3 つのデータ点が画像化される特定の表示ピクセル位置 (display pixel locations) は、同様に変化する。

【 0 0 8 1 】

同様に、あるデータが英数字で表示される場合、各英数字上の所定の数の位置を光点として選択することができる。これらの選択された英数字データ点の表示ピクセル位置は、英数字の変化に伴って変化する。

【 0 0 8 2 】

航空機高度が表示器 1 2 上の特定の位置に英数字を用いて表示される場合、グラフィック的に定義された数字「7」用の最下位桁 (least significant digit) の選択された光点 (例: 端の 2 点と、足が交わって結合される点) は、常に同じ表示ピクセル位置に表示されるが、これらの光点の表示ピクセル位置は、数字が例えば「3」に変化するときに変化するであろう。このとき、光点の指定は、端の 2 点と、2 つの弧セグメント (segment) が交差する点になる。

【 0 0 8 3 】

また、数字「3」のカーブした弧セグメントに沿った 1 つ以上別途選択された点も、その数字用の光点として定義することもできる。この場合、例えば英数字の精度を検査するために利用される光点の数が、表示される特定の数字の関数として、表示フィールドの更新毎に変化する。

【 0 0 8 4 】

10

20

30

40

50

表示器 1 2 上に画像化されるデータの少なくとも一部が画面更新又はリフレッシュの度に変化するので、' 5 5 8 システムを実施する際に用いられる光点の正確な数は、レンダリングされる表示フィールドをスキャンする度に変化してもよい。

【 0 0 8 5 】

図 5 を参照すると、比較器プロセッサ 3 2 は、ビデオ比較器ゲートアレイ 7 4 と一対のビデオ送信器 7 2 (各送信器 7 2 は、表示器 1 2 A, 1 2 B 用である。)に接続されたビデオ受信器 7 0 において、アンチエイリアシングされたグラフィック画像化データをレンダリングコンピュータ 3 4 から受け取る。上述のように、比較器プロセッサ 3 2 によって生成された各光点は、3 つの 8 ビット (赤、緑及び青に対してそれぞれ 1 バイト)、全部で 2 4 ビットで構成することができる。

10

【 0 0 8 6 】

光点データビット (point of light data bits) は、マイクロプロセッサ 7 8 に繋がった F I F O スタック 7 6 に格納される。F I F O 7 6 に格納される各光点に対するデータは、3 つの 8 ビット R G B カラーバイトと、光点が表示される表示画面ピクセル位置 (display screen pixel location) を特定するクロッキングデータ (clocking data) を含む。

クロッキングデータは、光点のカラーデータ (color data) と、レンダリングコンピュータ 3 4 によって生成される対応する画面表示位置 (screen display location) 用のカラーデータとの比較の同期を取るために利用される。光点用のデータバイト (data bytes) は、表示画像データが表示器 1 2 に提供されたときに表示器 1 2 上にレンダリングされる順序で F I F O 7 6 にロードされる。このレンダリングは、例えば表示フィールドの各水平トレースラインを順にスキャンするか、これを横切ってトレースすることによって行われる。

20

【 0 0 8 7 】

図 6 に示すように、2 4 ビットカウンタ 8 2 は、クロック及び垂直同期信号をビデオ受信器 7 0 から受け取る。これらを用いて、2 4 ビットカウンタ 8 2 は、レンダリングコンピュータが生成した画像化データが表示される表示器 1 2 上での位置 (つまり、スイープアドレス) を特定する。

ビデオ受信器 7 0 からのクロック信号は、表示器 1 2 の完全な画像化スキャンを集合的に定義するアドレス位置のそれぞれに渡って (through each of the address locations that collectively define a complete imaging scan of the screen display 12), カウンタ 8 2 を繰り返し稼働させる。このとき、2 4 ビット比較器 8 4 は、現在アドレス (current address) をカウンタ 8 2 から受け取り、F I F O に格納されている次に入手可能な光点のデータの対象とする表示アドレスを F I F O 7 6 から受け取る。

30

【 0 0 8 8 】

これら 2 つのアドレスが一致すると、比較器 8 4 は、カラー比較器 8 8 への「適任者 (qualifier)」出力を有効にする。次に、カラー比較器 8 8 は、現在の画面表示位置アドレスに対する、レンダリングコンピュータ 3 4 によって表示器 1 2 への出力のために生成された R G B カラーデータと、比較器プロセッサ 3 2 によって生成され、F I F O 7 6 に格納された光点データとの比較を行う。

【 0 0 8 9 】

つまり、カウンタ 8 2 が F I F O スタックの先頭にある次に入手可能な光点データの画面表示位置のアドレスを保持していると比較器 8 4 が判断すると、比較器 8 4 は、レンダリングコンピュータが生成したビデオ受信器 7 0 からのカラーデータと、F I F O スタック 7 6 の先頭に格納された光点のカラーデータとをカラー比較器 8 8 に比較させる。

40

試験アドレスカウンタ 8 6 は、F I F O に格納されている次の光点用のアドレス及びカラーデータが比較器 8 4 でのアドレス比較とカラー比較器 8 8 でのカラーデータ比較のためにスタックの先頭に配置されるように、F I F O 7 6 の配列を行う。カウンタ 8 2 が、レンダリングコンピュータの画像化データの画面データアドレス全体の順序付け (sequence through the screen data addresses) を継続する。

【 0 0 9 0 】

50

558システムによると、カラー比較器88は、同一の画面表示ピクセル位置に対して、一方では比較器プロセッサ32によって、他方ではレンダリングコンピュータ34によって生成されたカラーデータの3つ(つまり、赤、緑及び青)の8ビットバイトのそれぞれの2つの最上位ビット(two most significant bits)(MSBs)のみの比較を行うことができる。

【0091】

このような各カラー情報(each color information)の一部のみの比較は、適切であり、レンダリングコンピュータのデータの信頼性の評価として意味がある。なぜなら比較器プロセッサ32によって生成されるピクセルカラーデータは、レンダリングプロセッサ34によって出力される画像化データとは違って、アンチエイリアシングされていないから

10

【0092】

何れの所定の表示点すなわちピクセル位置(any given display point or pixel location)においても、表示のために最初に計算されたデータのアンチエイリアシング(前記所定のピクセル位置に隣接したピクセルの選択的な作動(actuation)と、前記所定のピクセル位置の強度(つまり、カラー値(color value))の対応する減少により結果的に生じるグラフィック画像をスムーズにすること。)により、前記所定のピクセル位置の強度は、3つのカラーバイトの1つ以上において、最初に計算されたエイリアシングされたカラー値から3/4(つまり、75%)減少する

【0093】

20

結果的に、少なくとも、所定の画面表示ピクセル位置に対して、レンダリングコンピュータ34と比較器プロセッサ32のそれぞれによって生成された3つ(赤、緑及び青)のカラーデータバイトのそれぞれの2つのMSBが同一であるということが決定されれば、そのピクセル位置に対するレンダリングコンピュータの画像化データが信頼できると言える。

【0094】

上記例では、レンダリングコンピュータ34によって生成された画像化データの信頼性を評価する際に各カラーデータバイトの2つのMSBのみの比較を行ったが、カラーデータバイトのより多くのビットを比較に用いてもよい。一例では、各カラーデータバイトの4つのMSBを比較してもよい。

30

【0095】

採用されるアンチエイリアシングアルゴリズム又は方法又は特性又は他の関連する観点又は要因に基づいて必要又は適切であれば、対応するレンダリングコンピュータデータの信頼性を決定するためのカラーデータ比較結果の評価方法は、適切に修正してもよい。

【0096】

このような修正に対応するために必要な又は望ましい、種々の要素、構成要素及びサブシステムについての変更、及び/又は、これらの相互接続や動作に関する変更、又は比較を行うための処理ステップや比較の成功又はエラー状態(a successful comparison or an error condition)を特定するための処理ステップに関連した変更は、当業者の通常の能力の範囲内であると言える。

40

【0097】

レンダリングコンピュータ34によって生成され、ビデオ受信器70にシリアルに供給された画像化データが、カラー比較器88によって、比較器プロセッサ32によって生成されてFIFO76に格納された光点データと対照して検証され、検証が成功であったとき、レンダリングコンピュータのデータは、対象とする画像を表示器12上に生成するために、ビデオ受信器70からビデオ送信器72を通して表示器12上に導かれる。

【0098】

ビデオ受信器70は、レンダリングコンピュータ34からのシリアルの画像化データをパラレル形式に変換する。次に、ビデオ受信器70は、選択された(つまり、光点)位置に対してバッファされたRGBデータを提示するために、パラレル形式に変換されたデー

50

タを比較器アレイ 7 4 にバッファし、さらに、画面表示フィールド画像全体に対してバッファされた R G B データを提示するために、パラレル形式に変換されたデータをビデオ送信器 7 2 にバッファする。ビデオ送信器 7 2 は、レンダリングされたパラレル R G B データをシリアル形式に変換し、それを個々の表示器 1 2 に導く。

【 0 0 9 9 】

一般に、通常の状態では、ビデオ送信器 7 2 の 1 つだけがレンダリングコンピュータの画像化データでそれぞれの表示器 1 2 を操作するのに動作する (be active)。しかし、比較器プロセッサ 3 2 は、必要又は所望の場合に、航空機にある 2 つの表示システムの 1 つのレンダリングコンピュータ 3 4 によって生成された画像化データが、レンダリングコンピュータ 3 4 のそれぞれのビデオ送信器 7 2 を介して表示器 1 2 A, 1 2 B の両方を同時に操作するのに使用可能なように、構成してもよい。これは、例えば、後述する他のシンボル生成器 1 6 の故障又はエラー状態が検出されることによって、適切又は必要になることがある。

10

【 0 1 0 0 】

カラー比較器 8 8 によって行われる、特定の画面表示ピクセル位置に対するカラーデータ比較がレンダリングコンピュータ 3 4 と光点のデータが同じでないか、又は差異が所定の範囲内であれば比較が成功であると予め定めている場合にはその差異の範囲内ではないと決定されると、比較の失敗又はエラー信号が、生成され、比較器プロセッサ 3 2 のマイクロプロセッサインターフェースに提供される。

【 0 1 0 1 】

5 5 8 システムは全ての比較の失敗を記録してもよいが、システムは、この失敗がセンサデータ又はデータ計算における一時的な又は再発しないものなのか、それとも、表示器 1 2 上での画像化のためにレンダリングコンピュータ 3 4 によって生成されているデータがひどく疑わしく、信頼できないものにするシステム的な又は継続的な故障を示すものであるかを決定するのに十分な時間の間検出された比較の失敗に対する次のアクション (例：エラーを航空機乗組員に報告すること) が遅れることがある。

20

【 0 1 0 2 】

この遅れは、例えば比較の失敗が、同じ光点データ位置において、所定回数以上の表示更新サイクルにおいて特定されるかどうかを決定することによってもたらされる。表示器 1 2 は、例えば毎秒 1 0 0 回のオーダーで更新されるので、効果的なエラーの評価を可能にするために各画面表示位置に対するカラーデータ比較の結果を十分な回数の連続した表示更新の間注目しても、航空機を危険にさらしたり、又はレンダリングコンピュータのデータが信頼できないことを示す故障イベントの通知を受け入れがたいほど遅延させたりすることがない。

30

【 0 1 0 3 】

一例では、特定の光点の画面位置に対する 5 回の連続したカラーデータの比較の失敗を特定すること (これには、わずか 0 . 0 5 秒のオーダーの期間のみが必要である。) は、特定の実施形態では、比較の失敗が繰り返し行われる光点位置を含むレンダリングコンピュータのデータの信頼性の無さを示すのに十分であると判断される。このとき、エラー信号が、生成されてもよく、視覚的なエラー表示が、シンボル生成器 1 6 によって駆動される表示器 1 2 の 1 つ以上に示されてもよい。エラー表示は、任意的に、航空機乗組員に明らかであろう別の方法 (例：聴覚的警告 (audible alarm) ) で示されてもよい。

40

【 0 1 0 4 】

エラー表示は、何れの適切な方法で表示器 1 2 に視覚的に示されてもよい。これは、設計の選択の問題である。

検出されたデータのエラーに関連したグラフィック表示の部分又は画像化されたゲージ又はインジケータを修正又は上書きすることによって、その表示が不正確であるか、不正確であるかも知れないということを示すことができる。修正又は上書きは、例えば、大きな「X」、 「失敗」、 「エラー」といった記号を表示部分又は画像化されたインジケータの一面に又はこれを横切ってレンダリングすることによって、又はその色を通常のもの

50

は変えることによって、行うことができる。

【0105】

グラフィック画像化された対気速度インジケータでの1つ以上の光点の位置に対してレンダリングコンピュータ34が生成した表示データで検出されたエラーは、表示器12上のグラフィック表示の対気速度インジケータの位置に大きな「X」をレンダリングすることによって表示することができる。システムは、自動的に又は操縦士若しくは操作者との対話(interaction)に回答して、エラーが検出された制御器16によって生成された画像化データを用いた表示器12へのインジケータ画像の表示を中止し、表示器12上のインジケータ画像を別の操縦席表示システムの制御器16によって生成された画像化データと置換してもよい。この後は、同一のシンボル生成器16が表示器12Aと12Bの両方

10

【0106】

別の実施形態では、視認可能な失敗表示(failure indication)を有している「失敗(failed)」インジケータのグラフィック画像は、信頼できないデータを受け取った表示器12上に維持してもよい。この場合、操縦士と副操縦士の両方が、本発明の航空機複式飛行パネル表示システムの他方の表示器12上にある、計器の表示を見て、その表示に頼ることができる。

【0107】

さらに、レンダリングコンピュータ34の一方が生成したデータの何れの部分集合にエラー又は失敗が検出されると、エラーを生じさせたレンダリングコンピュータ34からのデータが以前に供給された表示フィールド画像全体を、別のレンダリングコンピュータ34が生成した画像化データと置換するようにしてもよい。これは、設計又は操作者の選択の問題である。

20

【0108】

558システムでは、グラフィック画像化されたデータの完全性及び信頼性が向上する。これは、比較器プロセッサ32が、従来のシステムと比べて、比較的単純であることに起因する。なぜなら、より単純な動作コード(operating code)は、内在的に、より信頼性が高いからである。しかしながら、図7~10を参照して後述するように、本発明によると、完全性及び信頼性がさらに向上する。

【0109】

558特許のシステムのキーは、航空機飛行情報グラフィック表示システムの最初に検討された用途で実施されているように、表示システムを2つの基本的な機能部分に動作分割(operational division)を行うことである。一方(レンダリングコンピュータ34)は、表示の入手可能性と信頼性に責任を有し、他方(比較器プロセッサ32)は、表示の完全性を提供又は保証する。

30

【0110】

F A Aは、航空機の第1飛行表示システムは、機能喪失の可能性が比較的低い現在のシステムに匹敵する入手可能性(つまり、信頼性)を有さなければならないということを要求する。言い換えると、システムは、航空機を操作する航空機乗組員に対してデータに継続的に提供することを保証するのに十分に信頼できるものでなければならない。この最初のF A A要求を満たすためには、ソフトウェアは、工業規格D O 1 7 8 レベルCで検証されなければならない。工業規格D O 1 7 8 レベルCは、ソフトウェアが適切に機能し、ソフトウェアコードの全てが試験中に実行されるということが保証されるように、ソフトウェアが、文書化された試験を受けなければならないということを要求する。

40

【0111】

F A Aは、航空機の第1飛行表示システムは、特定のレベルの完全性を満たさなければならないことを要求する。つまり、システムが誤解を招き易い又は予告なしの不正確な情報を全く出力しないことが証明されることが要求される。この第2のF A A要件の充足を証明し、記録に残すのに必要な認可前の試験が、システム入手可能性の第1要件を満たすために要求されるものよりもさらに厳しいということは理解されるであろう。

50

## 【 0 1 1 2 】

具体的には、完全性を証明するためには、システムソフトウェアが、工業規格 D O 1 7 8 レベル A で検証されなければならない。工業規格 D O 1 7 8 レベル A では、全ての論理経路が、システムが稼動中に現れることが予測される全てのデータ値を代表する多数の値で試験されなければならない。これは、一般に多数条件決定網羅 (multiple condition decision coverage) ( M C D C ) と呼ばれている。さらに、全てのハードウェアが、同等のパフォーマンスを示さなければならない。システムハードウェアの歴史的な発展又は継承物 (heritage) が完全に文書化されなければならない。

## 【 0 1 1 3 】

レンダリングコンピュータ 3 4 は、動作時に (operatively) 表示入手可能性に対してのみ責任を有する。従って、レンダリングコンピュータ 3 4 は、必要な F A A 認可を得るために工業規格 D O 1 7 8 レベル C 規格を満たすのみよい。このため、レンダリングコンピュータ 3 4 として、比較的複雑な、市販されている、既製のコンピュータシステムを使用することが許容される。既製のコンピュータシステムは、最初に利用されるときにも、その後にととき新たに入手可能になった、向上した構成要素及び能力等を有するもので更新されるときにも、工業規格 D O 1 7 8 レベル C 規格に効率的に及び経済的に検証することができる。

## 【 0 1 1 4 】

F A A 認可を得るために、より厳しくない工業規格 D O 1 7 8 レベル C 試験のみを必要とするレンダリングコンピュータ 3 4 を使用することは、システムが、進歩したハードウェア及びソフトウェアを利用することを可能にする。このようなハードウェア及びソフトウェアは、より高められた表示機能を提供し、表示システムが最初に設置された後に、向上した構成要素及びサブシステム等が表示システムの周期的に市販されると、簡単にグレードアップすることができる。

## 【 0 1 1 5 】

一方、' 5 5 8 システムでの表示完全性は、F A A 認可を得るために D O 1 7 8 レベル A 規格で検証されなければならない比較器プロセッサ 3 2 によって提供され、保証される。従って、比較器プロセッサ 3 2 は、一般に、厳しく、広範で、時間及び費用がかかる試験及び文書化を受けなければならない特注設計ハードウェア及びソフトウェアを必要とするであろう。

## 【 0 1 1 6 】

しかし、比較器プロセッサ 3 2 は、表示器 1 2 に画像を表示するために利用される多量のデータのうちの比較的小さな部分集合のみを、動作中に (operatively) 生成し、レンダリングコンピュータ 3 4 の出力と比較する。また、さらに、比較器プロセッサ 3 2 は、生成するデータのアンチエイリアシング処理を行う必要がない。これら 2 つの理由により、比較器プロセッサ 3 2 の動作 (operating) ソフトウェア及びハードウェアは、表示画面又は領域全体のアンチエイリアシングされたグラフィック表示データを生成するのに必要なものよりもはるかに単純化される。その結果、比較器プロセッサ 3 2 のハードウェア及びソフトウェアは、システムの完全性を保証するために、より厳しい D O 1 7 8 レベル A 規格で試験及び検証することができる。

## 【 0 1 1 7 】

さらに、' 5 5 8 システムでの比較器プロセッサ 3 2 は、比較表示ピクセル (又はオブジェクト) データの部分集合のみを生成するのに動作するので、レンダリングコンピュータ 3 4 に対する変更、更新又は強化は、一般に、比較器プロセッサ 3 2 の再試験又は再認可を必要又は正当化 (warrant) しないであろう。それによって、予期しない又は異常なコスト又は労力無しで、将来の表示システムのグレードアップがさらに容易になる。

## 【 0 1 1 8 】

ここで、図 7、8 及び 10 を参照して、本発明の強化されたシステム 10 a を示す。特に、システム 10 a では、比較器プロセッサハードウェア 3 2 は、好ましく、除去されている。さらに、後述するように、好ましくは、フラットパネル表示システム 10 a は、単

10

20

30

40

50

一のプロセッサシステム 200 で構成されてもよい。プロセッサシステム 200 には、完全性検査機能(すなわち ICF) 202 と、グラフィックスレンダリング機能(すなわち GRF) 204 が、同一プロセッサ 200 に組み込まれている。さらに、現在の好ましいシステム 10a は、ビデオグラフィックスプロセッサ(すなわち VGP) 206 も含む。

【0119】

図 7 に好ましく示すように、強化されたフラットパネル表示 10a は、一体型フラットパネル表示画面 208 (例えば、上述したようなもの)、データ集信ユニット(data concentrator unit) (すなわち DCU) 210 及び表示制御パネル(すなわち DCP) 212 で構成される。表示制御パネル 212 は、好ましくは、航空機データを一体型フラットパネル表示画面 208 (例: 上述した表示画面 12, 例えばアクティブマトリクス液晶表示器(例: Exton, Pennsylvania の Innovative Solutions & Support, Inc. 製のもの)) に伝達する上述した入力/出力プロセッサカード 30 (図 3 を参照) を含む。

10

【0120】

一体型フラットパネル表示システム 10a は、好ましくは、図 8 に示す完全性検査機能 202 とグラフィックスレンダリング機能 204 を実現する 1 つ以上のマイクロプロセッサからなるグラフィックス生成モジュールに加えて、表示画面 208 とバックライトアセンブリを含む。表示画面 208 は、表示画面 12 に関連して説明した型のものであってもよく、Exton, Pennsylvania の Innovative Solutions & Support, Inc. 製のアクティブマトリクス液晶表示器であってよい。

【0121】

20

好ましくは、一体型フラットパネル表示システム 10a は、グラフィックスレンダリング機能 204 の誤った行為(misbehavior)が完全性検査機能 202 に影響を与えないように、ソフトウェア分割(software partitioning)を採用する。好ましくは、完全性検査機能 202 は、表示器 208 上にある、正しい位置決め(correct positioning)のための一次飛行データ(primary flight data)に関連した、表示器 208 内にある全ての特徴部(features)を検査する。不一致(discrepancy)が検出されると、好ましくは、エラー(error)が操縦士に伝えられる。

【0122】

さらに図 8 に好ましく示すように、グラフィックスレンダリング機能 204 は、完全性検査機能 202 と同じセンサデータ 214 (例えば、センサ列によって提供されたデータ) で動作し、表示画面 208 上にビットマップ表示を生成するために、共有メモリ 216 を介してセンサデータ 214 に基づいてグラフィック命令(graphical command)をビデオグラフィックスプロセッサ 206 に与える。ビットマップ表示は、表示器 208 上に画像を生成するために従来の方法で駆動可能である表示器 208 の全面に渡る位置に存在する多数の個別にアドレス可能なピクセルによって形成される。センサデータ 214 は、上述したように、好ましくは、センサ列 18 を参照して説明した航空機及び環境センサデータの共通の集合(a common set of aircraft and environmental sensor data)に基づいている。

30

【0123】

558 システムを参照して説明したように、一般的な PFD / ND 表示フォーマットは、直感的である。また、このフォーマットは、気象レーダー、TAWS、TCAS 及び飛行計画オーバーレイ(overlay)を有する基本ナビゲーション表示マップと共にテープ対気速度及び高度(tape airspeed and altitude)を有する心地のよい表示フォーマットで、操縦士に飛行に関連する全てのデータを提供する。このフォーマットは、通常は、例えば、丸型ゲージのグラフィック表示を含む元来の操縦席のレイアウトの見た目と感覚を厳密に複製するように設計されている。

40

【0124】

本発明の一部ではないが、データ集信ユニット(data concentrator unit) (つまり、DCU) 21 及び一体型フラットパネル表示システム 10a は、所望により同じハウジング内で、一緒に用いてもよい。そして、表示制御パネル(つまり、DCP) 212 は、表示

50

ベゼル (bezel) に一体化してもよい。さらに、所望により、表示器 208 は、単一の複合表示器の代わりに、多くの表示器に分割されてもよい。この場合、各表示器は、異なる機能を提示し、故障の際の冗長性を提供する。

#### 【0125】

図8を参照して既に説明したように、プロセッサ200の主要な機能は、好ましくは、完全性検査機能202とグラフィックスレンダリング機能204との2つの構成要素に分割される。そして、現在好まれている単一プロセッサの実施形態では、これらの機能は、同一のプロセッサに組み込まれる。別の実施形態では、本発明のシステム10aは、複数プロセッサシステムを採用してもよく、この場合、1つ以上のプロセッサが全機能を実行する。何れの例でも、完全性検査機能202は、好ましくは、ビデオグラフィックスプロセッサ206の機能が適切であるかどうかを検証するために使用される。

10

#### 【0126】

上述したように、ビデオグラフィックスプロセッサ206は、グラフィックスレンダリング機能204によって提供された命令を受け取り、表示画面208上に表示されるデジタルビデオ情報を生成する。グラフィックスレンダリング機能204は、好ましくは、上述したように、ビデオグラフィックスプロセッサ206を介して表示出力情報を生成するために、センサデータ214の共通の集合を使用する。一方、完全性検査機能202は、共有メモリ216内にあるビットマップデータと対照して試験される、ビデオグラフィックスプロセッサ206によって生成されるピクセルの部分集合を簡素に表現 (articulate) するためにセンサデータ214を使用する。

20

#### 【0127】

本発明の現在の好ましい実施形態によると、グラフィックスレンダリング機能204は、ビデオグラフィックスプロセッサ206に対してレンダリング要求 (rendering calls) を生成する。次に、ビデオグラフィックスプロセッサ206は、共有ビデオメモリ216内に表示画像を生成する。ビデオメモリ216は、好ましくは、動画表示に裂け (tearing) ができることを防ぐために表示フレームのマルチバッファリング (multi-buffering) が可能なように構成される。

グラフィックスレンダリング機能204は、共有メモリ216内の共通のアドレス空間にマッピングされている (mapped into the common addressing space in the shared memory 216)、ビデオグラフィックスプロセッサ206内へのレンダリングが最後に行われたメモリ位置 (memory location) を完全性検査機能202に知らせる。

30

#### 【0128】

完全性検査機能202は、好ましくは、個々の特徴部に対するピクセル検証マップ (pixel verification map) を生成するために、提供された入力情報を使用する。このピクセル検証マップは、好ましくは、表示画面208上の関連するX及びY位置によって特定される1つ以上の検査ピクセルと、そのピクセルに関連する特定の色とで構成される。完全性検査機能202は、好ましくは、ピクセル検証マップを使用し、そのピクセルを、ビデオグラフィックスプロセッサ206によって図8に示すビデオメモリ216内にレンダリングされた情報と比較する。図8に好ましく示すように、これは、上記の'558システムの説明で言及されるハードウェア比較器 (例: 比較器32) を採用する必要なく達成される。

40

#### 【0129】

ビデオグラフィックスプロセッサ206は、好ましくは、通常は動画表示用に (for moving displays) 作動させるアンチエイリアシングを有効にする。これによって、好ましくは、特に特徴部が表示器208上を移動するとき、表示シンボロジ (display symbology) が色遷移点 (color transition point) 上でスムーズに見える。

#### 【0130】

現在好ましいシステム10aでは、完全性検査機能202は、ビデオグラフィックスプロセッサ206によって描かれたものとの間の不一致 (discrepancies) を検出し、出力画像の独立した検証 (independent verification of the output image) を提供するために、

50

検査ピクセルすなわち基点 (check pixels or fiducials) を処理し、それらをピクセル検証マップと比較する。そうする際に、完全性検査機能 202 は、好ましくは、検査ピクセルの正確なピクセル位置を使用し、ビデオメモリ 216 から関連するカラー情報を直接読み出す。

【0131】

所定のピクセル位置に対して読み出されるカラー情報での関連するカラー値は、全精度で (against its full accuracy) (例えば、好ましくは、24ビットの色の深みで (for a 24-bit depth)) 比較されるか、又は結果的に生じるオブジェクトの見た目に影響を与える可能性があるアンチエイリアシング又はその他の描画技術により生成されることがある色オフセット (color offsets) を排除するためにマスクされる。前記マスクは、好ましくは、情報が正しい位置に描かれたことを保証するために、カラーピクセルが存在していることだけを検証してもよい。

10

【0132】

本発明は、現在入手可能なグラフィックスプロセッサ (例えば、回転、並進及び表示バッファ内にマッピング可能な (can be rotated, translated and mapped into the display buffer) レンダリングバッファを有するもの。) によって従来の方法で提供されるタイプのテクスチャーオブジェクト (textured objects) の表示にも役立つ。

【0133】

図10に示すように、EADIのような複雑なオブジェクト (complex objects) に対して、そのオブジェクトの完全CRC検査が行われたテクスチャーマップ 220 (complete CRC checked textured map 220) を作成することができる。特別のマーキングすなわちウォーターマーク 222 (special markings or watermarks) は、背景色に近いオブジェクト上に配置される。その色合い (color shades) は、好ましくは、一般的な人間の目には通常は識別できないが、完全性検査機能 202 には検出可能であるようにウォーターマーク 222 と背景との間に色の差が設けられるように選択される。

20

【0134】

例えば、ADI背景の青部分では、背景の主要色は、赤 =  $0 \times 3f$ 、緑 =  $0 \times 3f$  及び青 =  $0 \times ff$  であり、ウォーターマークパターン 222 の色は、好ましくは、赤 =  $0 \times 40$ 、緑 =  $0 \times 40$  及び青 =  $0 \times ff$  にすることができる。このような状況の場合、完全性検査機能 202 は、これらの色は異なっていると判断するが、これらの色は、通常は、一般的な人間の目には同じに見える。従って、ADI背景にある特有パターン (unique pattern) 222 が、ピッチ及びロール精度 (pitch and roll accuracy) の検査に利用することができる。

30

【0135】

本発明によると、連続フレーム中の画像上の単一ピクセル (a single pixel on the image in successive frames) を検査することによって、いくつかの表示画像を十分に検出することができる。好ましくは、これを達成するために、各フレーム中の画像セグメントの異なる点 (a different point of the image segment on each frame) が検査される。画像の周囲 (perimeter of the image) を超え、背景色を検出する検査点は、画像の実際の周囲の検出を可能にする。

40

【0136】

一般的な表示器 208 では、いくつかのオブジェクトは、別のオブジェクト上に描かれてもよい。この例では、完全性検査機能 202 は、本発明によれば、好ましくは重なっている (occluding) オブジェクトを分割して凸形状にすることによって、選択されたピクセルに重なるこれらのオブジェクトを追跡することができる。この例では、完全性検査機能 202 の内部状態マシンは、好ましくは、これら凸形状の頂点の方向を合わせるために利用される。

【0137】

好ましくは、追跡される点を有する全てのオブジェクトに対して、2つの機能が設定される。1つは、そのオブジェクトの何れかの点が所定領域内にあるかどうかを試験するこ

50

とであり、もう1つは、所定オブジェクト内の何れかの点に、あるオブジェクトが重なっているかどうかを試験することである。点が所定の凸形状領域内にあるかどうかを試験するために、凸形状オブジェクトのそれぞれの面が、好ましくは、試験される。

好ましくは、凸形状オブジェクトの全ての辺が試験された点について右回りを形成する場合は、点は、凸形状の内部にあるか、凸形状によって覆われる。同様に、点が何れかの辺に沿っているか、その辺について左回りである場合は、点は、凸形状の外にある。

【0138】

ビデオグラフィックスプロセッサ206内でのアンチエイリアシングアルゴリズムの複雑さのために決定的には簡素に表現されていない(not deterministically articulated)複雑画像(complex images)の完全性を検査するために、本発明に従って、統計的な検出方法が採用されることが好ましい。このような状況では、レンダリングされた画像と簡素に表現されたピクセルとの間で、ある程度の数の不一致(mismatch)が通常は予測される。従って、間違っただけの警報(false alarm)がなされる確率を低く抑えつつ、誤解を招くような画像(misleading images)を高い確率で検出することを保証するために、十分な数の点を選択されることが好ましい。

10

【0139】

一例では、複雑画像が1024×768ピクセル、すなわち786432ピクセルのアレイを含み、各ピクセルが3つのサブピクセル(赤、緑及び青)を含む場合、前記画像は、好ましくは、現在好まれる複雑画像の統計的検出(statistical detection)によると、12ビットの情報(1サブピクセル当たり4ビット)(従って、4096種類の色と強度の組み合わせが提供される。)を含むデータストリームで50ミリ秒毎にリフレッシュされる。

20

この好ましいアプローチでは、画像ピクセルの部分集合(a subset of the image pixels)を簡素に表現するために完全性検査機能202内で同じ入力データが、使用される。

【0140】

一般に、上記例では、1つの光点が正しく現れる確率は、4096分の1である。本発明の完全性検査機能202によって検査する必要があるサンプル数を決定する際に考慮するのは、間違っただけのエラーの確率の最小化である。例えば、ビデオグラフィックスプロセッサ206は、表示された画像上でアンチエイリアシングアルゴリズムを実行するので、高い信頼度で正しい画像が決定できることは保証されない。

30

【0141】

アンチエイリアシングのためにピクセル値の不一致が検出される確率が30%であり、所定の画像に対して失敗(fail)との報告がなされるのは、3回の連続した不一致の報告が必要であると仮定する。

間違っただけの警報がなされる確率 $1 \times 10^{-17}$ を達成したいとする。正しい画像中の11個のサンプルが3回連続して不一致になる確率は、 $0.3^{(3 \times 11)} = 0.56 \times 10^{-17}$ になる。従って、11個は、許容できる不一致サンプル数であると分かる。

【0142】

代わりに、上記例のパターンで20個のサンプルが検査される場合、ビデオグラフィックスプロセッサ206が不一致パターンを生成し、この不一致パターンが、完全性検査機能202によって生成された正しいサンプルに偶然に一致する確率は、 $1 / (4096^{20}) = 0.57 \times 10^{-72}$ である。

40

この場合、20個のサンプルのうちの9個が正しい数値に一致する確率は、 $1 / (4096^9) \times 20! / 9! = 0.21 \times 10^{-19}$ である。この結果を、ビデオグラフィックスプロセッサ206によって生成されるが、完全性検査機能202が検出しない不一致パターンの確率であるとみなすことができる。

【0143】

上記例に基づき、20個のサンプルのうちの9個が正しいときに合格とする基準(a sample size of 20 with a 9 correct pass criteria)は、間違っただけの警報がなされる確率を $1 \times 10^{-17}$ より小さくしつつ、 $1 \times 10^{-17}$ より良い確率でビデオグラフィックスプロセ

50

サ 2 0 6 が生成した画像の正確性を検出する。

上記例では、データリフレッシュレートが 5 0 ミリ秒なのでデータリフレッシュが毎時 7 2 0 0 0 回行われる。従って、2 0 個の光点のうちの 9 個が正しいときに合格とする基準によると、間違ったエラーがなされる確率又はエラーが検出されない確率は、毎時  $1 E - 1 2$  より良いであろう。

本発明によると、上記例は、小さいサンプルサイズに基づいたエラー検出に信頼性があることを示し、さらに、ビデオグラフィックスプロセッサ 2 0 6 内での種々のフィルタリングアルゴリズムにより、全ての点の検出が可能でない場合には、より大きな数のサンプルを最小限のコレクトパス基準 (correct pass criteria) で利用できることを示す。

【 0 1 4 4 】

本発明のフラットパネル表示システム 1 0 a の動作を要約すると、完全性検査機能 2 0 2 は、航空機データ 2 1 4 を受け取り、そのデータのコピーを保持し、同一のコピーをグラフィックスレンダリング機能 2 0 4 に与える。グラフィックスレンダリング機能 2 0 4 は、ビデオグラフィックスプロセッサ 2 0 6 に命令を送り、ビデオグラフィックスプロセッサ 2 0 6 は、メモリ 2 1 6 に配置された表示バッファに画像を生成する。グラフィックスレンダリング機能 2 0 4 は、ビデオグラフィックスプロセッサ 2 0 6 が完全性検査機能 2 0 2 への現在画像 (current image) のレンダリングを完了したフレームバッファのアドレスを送る。

【 0 1 4 5 】

完全性検査機能 2 0 2 は、次に、各画像に対するピクセルの部分集合を生成し、完全性検査機能 2 0 2 とビデオグラフィックスプロセッサ 2 0 6 の両方が、それぞれのピクセルの集合 (respective set of pixels) を生成したとき、完全性検査機能 2 0 2 は、完全性検査機能 2 0 2 のピクセルと、ビデオグラフィックスプロセッサ 2 0 6 がメモリ 2 1 6 内にレンダリングしたピクセルとを比較する。完全性検査機能 2 0 2 のピクセルが、ビデオグラフィックスプロセッサ 2 0 6 によって描かれたピクセルと一致すれば、完全性検査機能 2 0 2 は、表示器 2 0 8 へのビデオストリームの継続を許可する。

【 0 1 4 6 】

上述したように、図 8 は、本発明の現在の好ましい、ハードウェア比較器 3 2 が省略されたシステム 1 0 a を示す。一方、図 9 は、図 8 に示すシステム 1 0 a の別の実施形態を示す。この実施形態には、ハードウェア比較器 3 2 a が含まれており、ハードウェア比較器 3 2 a は、完全性検査機能 2 0 2 a から送られた画像ピクセルの部分集合と、ビデオグラフィックスプロセッサからのビデオ画像とを比較し、全ての不一致を完全性検査機能 2 0 2 a に報告する。

【 0 1 4 7 】

このアプローチは、ハードウェア比較器 3 2 a を採用しない、図 8 に関して説明されたアプローチとは対照的である。その他の点については、システムの種々の部分は、同じであり、同様の符号が付されている。

【 0 1 4 8 】

図 1 - 6 に関連した上述したように、本発明のシステムの種々の構成要素には、従来の市販の多目的コンピュータシステムハードウェアが採用可能であることに、注目すべきである。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 4 9 】

【 図 1 】 米国特許第 6 , 6 9 3 , 5 5 8 号からの、複式航空機操縦席表示システムを形成する一対のフラットパネルグラフィック表示システムのブロック表示である。

【 図 2 】 図 1 のシステム用のシンボル生成器アーキテクチャーのブロック図である。

【 図 3 】 図 2 のシステムの入出力プロセッサのブロック図である。

【 図 4 】 図 2 のシステムのグラフィックスレンダリングコンピュータのブロック図である。

【 図 5 】 図 2 のシステムの比較器プロセッサのブロック図である。

10

20

30

40

50

【図6】図5の比較器プロセッサのビデオ比較器アレイのブロック図である。

【図7】本発明の現在好ましい改良されたシステムのブロック表示である。

【図8】本発明による、ソフトウェア比較器を採用している、図7のシステムの機能ブロック図である。

【図9】ハードウェア比較器を採用している、図8に類似した、機能ブロック図である。

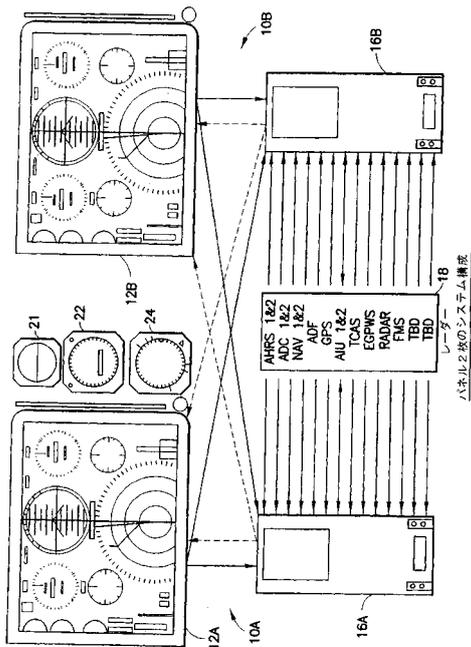
【図10】ウォーターマークを有するADI背景を有する、本発明による、表示の一例である。

【符号の説明】

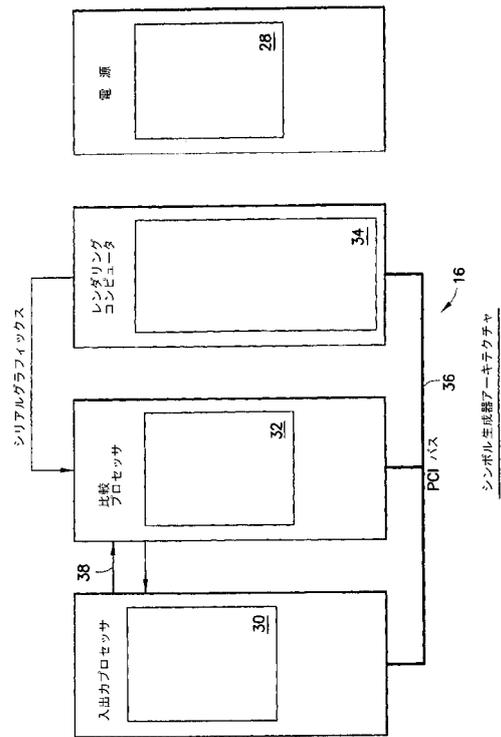
【0150】

- 10 : 表示システム    10a : 改良された表示システム    10A : 第1表示システム    10B : 第2表示システム
- 12 : 表示器    16 : 制御器    18 : センサ又はセンサ列
- 21 : 姿勢インジケータ    22 : 高度インジケータ    24 : 対気速度インジケータ    28 : 電源
- 30 : 入出力プロセッサ    32 : 比較器プロセッサ    32a : 比較器ハードウェア
- 34 : レンダリングコンピュータ    36 : PCIバス    38 : 平行ポートバス
- 42 : インターフェース構成要素    44 : メモリ    46 : マイクロプロセッサ    50 : グラフィックスプロセッサ
- 52 : ビデオ送信器    54 : AGPインターフェース    56 : マイクロプロセッサ
- 70 : ビデオ受信器    72 : ビデオ送信器    74 : ビデオ比較器ゲートアレイ
- 76 : FIFO    78 : マイクロプロセッサ    82 : 24ビットカウンタ
- 84 : 24ビット比較器    86 : 試験アドレスカウンタ    88 : カラー比較器
- 200 : プロセッサ    202, 202a : 完全性検査機能    204 : グラフィックスレンダリング機能
- 206 : ビデオグラフィックスプロセッサ    208 : 表示器    210 : データ集信ユニット
- 212 : 表示制御パネル    214 : センサデータ    216 : 共有メモリ
- 220 : 完全CRC検査されたテキストチャマップ    222 : ウォーターマーク

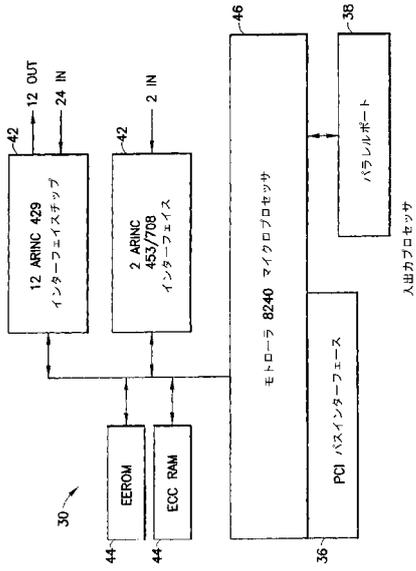
【図1】



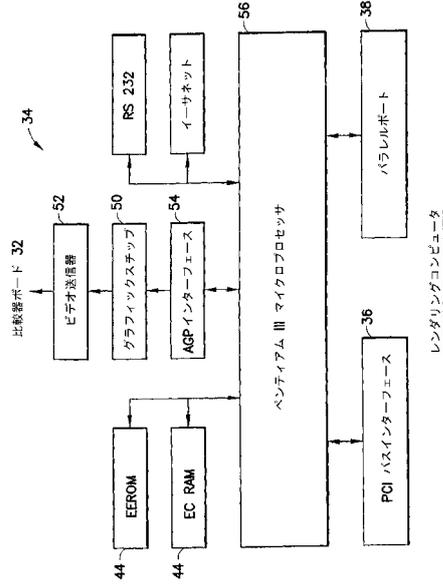
【図2】



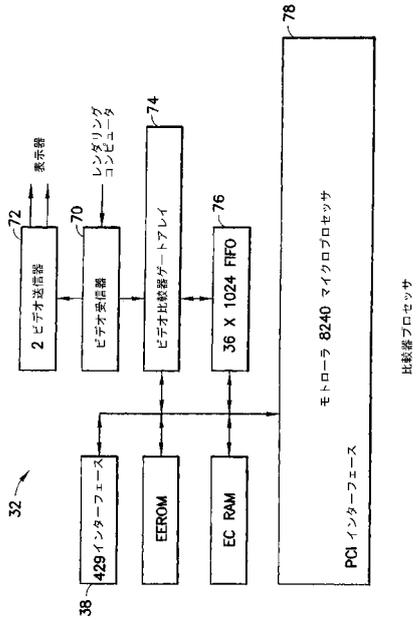
【 図 3 】



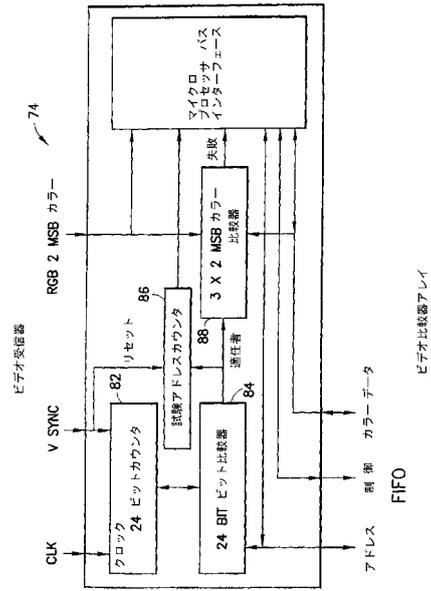
【 図 4 】



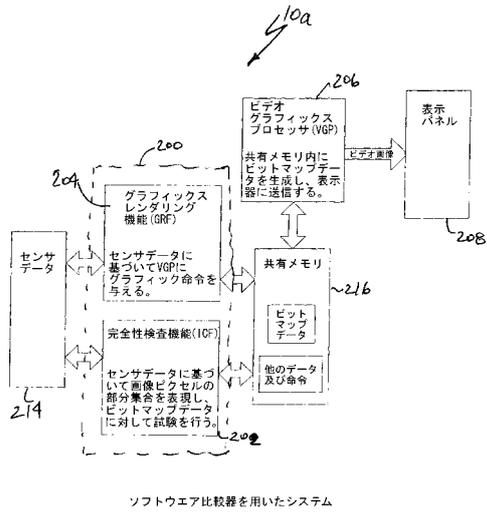
【 図 5 】



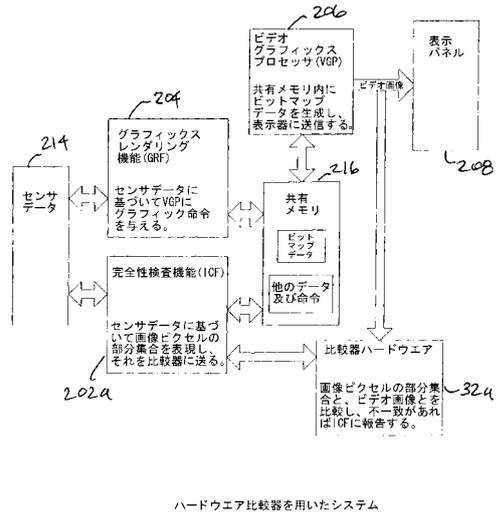
【 図 6 】



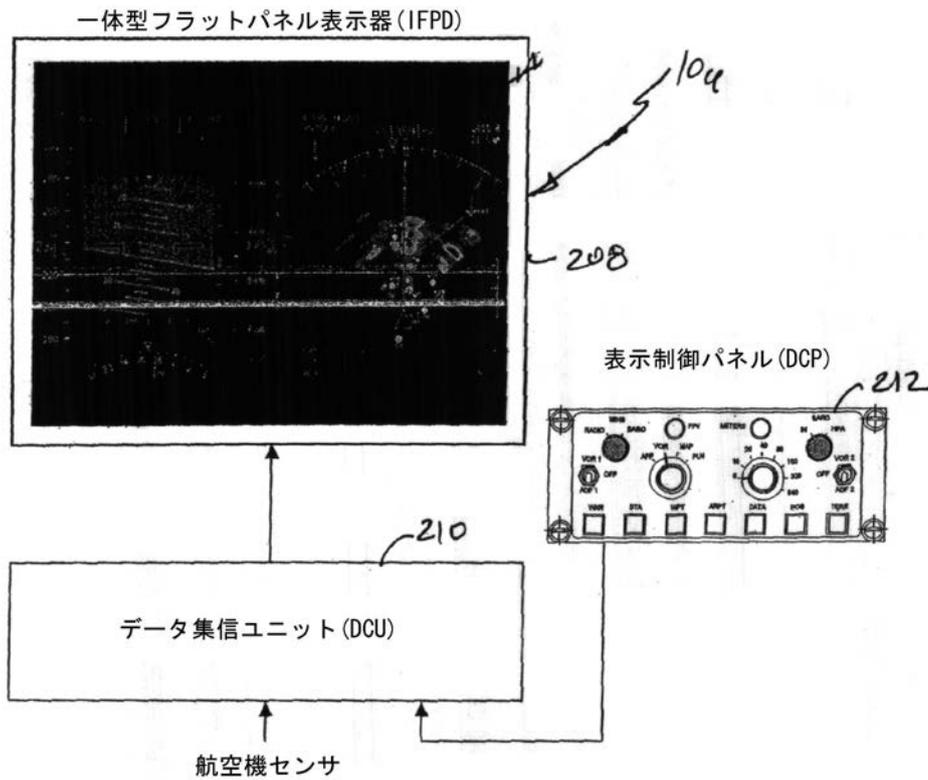
【図8】



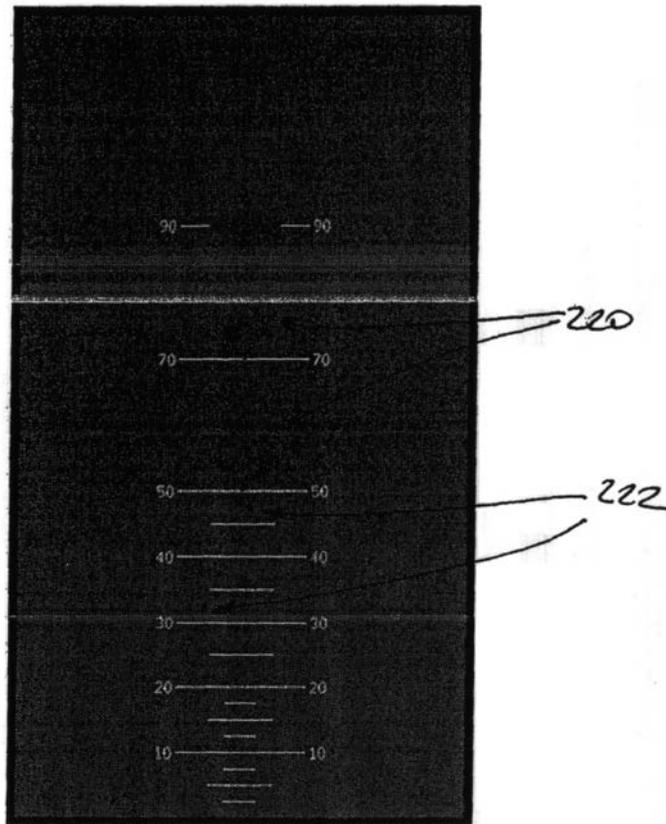
【図9】



【図7】



【図10】



ウォーターマークを有するADI背景

## フロントページの続き

- (72)発明者 シャーラム アスカーポアー  
アメリカ合衆国、ペンシルヴァニア 19063、メディア、ダム ビュー ロード 184
- (72)発明者 マーカス ノプフ  
アメリカ合衆国、ペンシルヴァニア 19002、アンブラー、イー・バトラー パイク 110  
1
- (72)発明者 ジェフ コリンズ  
アメリカ合衆国、ペンシルヴァニア 19406、キング オブ プルッシア、ホワイトテール  
サークル 710

審査官 北村 亮

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2002/0149598(US, A1)  
米国特許出願公開第2005/0276514(US, A1)  
特表2004-525402(JP, A)  
米国特許出願公開第2005/0007261(US, A1)  
特表2004-530891(JP, A)  
特開2007-108166(JP, A)  
米国特許出願公開第2005/0057440(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B64D 45/00  
G08G 5/00