

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-59325

(P2006-59325A)

(43) 公開日 平成18年3月2日(2006.3.2)

(51) Int. Cl.

G06Q 50/00 (2006.01)

F I

G06F 17/60 154

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L 外国語出願 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2005-196945 (P2005-196945)  
 (22) 出願日 平成17年7月6日(2005.7.6)  
 (31) 優先権主張番号 10/886484  
 (32) 優先日 平成16年7月7日(2004.7.7)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 502270453  
 ノースロップ グラマン コーポレイション  
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州 90067、ロサンゼルス、センチュリーパーク イースト 1840  
 (74) 代理人 100066728  
 弁理士 丸山 敏之  
 (74) 代理人 100100099  
 弁理士 宮野 孝雄  
 (74) 代理人 100111017  
 弁理士 北住 公一  
 (74) 代理人 100119596  
 弁理士 長塚 俊也

最終頁に続く

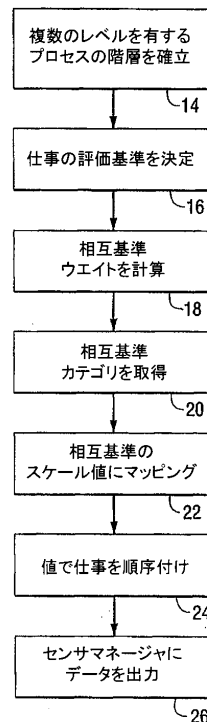
(54) 【発明の名称】 規則に基づく階層化意思決定法を用いてセンサを管理する方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 センサシステムで実行される仕事を管理する方法を提供する。

【解決手段】 階層化意思決定法を用いて、仕事の第1集合について優先度の値を決定するステップと、最も優先度の高い値を有する仕事を実行するステップと、階層化意思決定法を用いて、仕事の第2集合について優先度の値を決定するステップとを含んでいる。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

センサシステムで実行される仕事を管理する方法であって、  
階層化意思決定法を用いて、仕事の第 1 集合について優先度の値を決定するステップと、  
優先度の値が最も高い仕事を実行するステップと、  
階層化意思決定法を用いて、仕事の第 2 集合について優先度の値を決定するステップと  
を含んでいる方法。

## 【請求項 2】

階層化意思決定法を用いて優先度の値を決定するステップは、  
仕事の評価基準を決定するステップと、  
内部基準ウエイトを計算するステップと、  
基準内カテゴリを得るステップと、  
スケール値を基準内にマッピングするステップと、  
値で仕事を順序付けするステップと、  
センサマネージャにデータを出力するステップとを含む、請求項 1 の方法。

10

## 【請求項 3】

内部基準ウエイトを計算するステップは、ウエイトを内部基準に割り当てる、請求項 2  
の方法。

## 【請求項 4】

内部基準ウエイトを計算するステップは、内部基準間で一対投票を行う、請求項 2 の方  
法。

20

## 【請求項 5】

一対投票の整合度の度合いを決定するステップをさらに含む、請求項 4 の方法。

## 【請求項 6】

一対投票の不整合を検討して補正するステップをさらに含む、請求項 5 の方法。

## 【請求項 7】

内部基準ウエイトを計算するステップは、複数のレベルの各々で内部基準ウエイトを規  
格化するステップを含む、請求項 2 の方法。

## 【請求項 8】

内部基準の各々について規格化されたウエイトにスケールリング因子を掛けるステップを  
さらに含む、請求項 7 の方法。

30

## 【請求項 9】

各基準内をスケールリングするステップをさらに含む、請求項 2 の方法。

## 【請求項 10】

階層化意思決定法がリアルタイムで使用される、請求項 2 の方法。

## 【請求項 11】

階層化意思決定法を用いてセンサの仕事に優先順位を付ける方法において、  
複数の任務の種類を定義するステップと、  
任務の種類各々について、内部基準ウエイトを確立するステップと、  
複数の評価基準を定義するステップと、  
評価基準各々について内部基準ウエイトを確立するステップと、  
任務の種類内部基準ウエイトと、評価基準内部基準ウエイトとを用いて、仕事の各  
々について相対的値を決定するステップと、  
最も値が高い仕事を選択するステップとを含む方法。

40

## 【請求項 12】

任務の種類内部基準ウエイトと、評価基準内部基準ウエイトとを用いて、仕事の各  
々について相対的値を決定するステップは、  
仕事の各々について初期値を割り当てるステップと、  
各レベル内にて、仕事の各々について初期値を規格化するステップとを含む、請求項 1

50

1の方法。

【請求項13】

任務の種類の内基準ウエイトと、評価基準の内基準ウエイトとを用いて、仕事の各々について相対的値を決定するステップは、

内部基準間の一対投票を行って、相対的値を決定するステップと、

各レベル内にて、仕事の各々について初期値を規格化するステップとを含む、請求項11の方法。

【請求項14】

一対投票の整合度の度合いを決定するステップをさらに含む、請求項13の方法。

【請求項15】

一対投票の不整合を検討して補正するステップをさらに含む、請求項14の方法。

【請求項16】

各基準内をスケールリングするステップをさらに含む、請求項11の方法。

【請求項17】

階層化意思決定法がリアルタイムで使用される、請求項11の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は仕事を計画する方法に関しており、より詳細には、このような方法を用いてセンサの動作を制御することに関する。

【背景技術】

【0002】

軍用監視レーダの動作の予定を立てるために行われる従来の方法は、2、3の基本的な規則を使用しており、それら規則は、与えられた任意の仕事に関して優先度及び計画を規定する。優先度、アリエスト デッドライン ファースト(Earliest Deadline First)及びファースト イン ファースト アウト(First In First Out)は、過去に使用された種類の計画方針である。幾つかの計画方針は、動的な状態下で変更しないようにされており、最適にならない結果をもたらす。仕事の相対的な優先度の決定は、複数の基準に関する困難で複雑な評価をリアルタイムで必要とし、間違いを起こし易い傾向がある。結果的な仕事の順位が、オペレータによって異なって一致しないことが起こり得る。

【0003】

アクティブ電子走査アレイ(AESA)レーダ技術は、今までに行われた信号処理のスループット率の改善と相まって、機動的で迅速なビームポイントングを行うアンテナと、フルモードのインタリーピング能力とを有するレーダシステムを提供する。これらシステムは、一瞬にして個々の仕事を実行できる。オペレータは、これらレーダを効率的に使用して、スピードが重視される動的な戦闘状況下で、これらの完全な性能を発揮する努力を必要とする。故に、センサ管理機能を自動化することには大きな利益があるだろう。

【0004】

センサ資源の最適化モデルが以前から提案されているが、そのモデルは、ターゲットの場所を確認して、ターゲットを同定するステップに主に関係していた。複数の仕事の優先度を、仕事の値に基づいてリアルタイムで付けることが可能な方法が必要とされている。

【発明の開示】

【0005】

本発明は、センサシステムによって行われる仕事を管理する方法を与える。その方法は、階層化意思決定法(Analytic Hierarchy Process)を用いて、仕事の第1集合について優先度の値を決定するステップと、優先度の値が最も高い仕事を実行する工程と、階層化意思決定法を用いて、仕事の第2集合について優先度の値を決定するステップとを含んでいる。

【0006】

本発明のもう一つの特徴は、階層化意思決定法を用いて、センサの仕事の優先順位を付

10

20

30

40

50

ける方法を提供することである。その方法は、複数の任務の種類を定義するステップと、任務の種類各々について、内部基準(inter-criteria)ウエイトを確立するステップと、複数の評価基準を定義するステップと、評価基準各々について、内部基準ウエイトを確立するステップと、任務の種類内部基準ウエイトと、評価基準内部基準ウエイトとを用いて、各仕事に関する相対的値を決定するステップと、最も値が高い仕事を選択するステップとを含む。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

本発明は、階層化意思決定法(AHP)として知られている多基準の意思決定手段を用いて、仕事の順位付けをリアルタイムで行う。ある実施例では、レーダ又はその他の種類の監視センサを用いて、複数の仕事が行われる。AHPプロセスは、例えば、偵察機に装着されたセンサのような、動的環境における複数任務のマルチモードセンサの動作に効率的に適用される。本発明は、センサの動作方針を確立して、センサ管理を自動化する。仕事の実行順序は、AHPアルゴリズムを用いて、各仕事の相対的値で決定される。

10

【0008】

図1は、本発明の方法を示すフローチャートである。ブロック(10)は、AHPプロセスが行われて、複数の仕事を順序付けすることを示している。優先度の値が仕事に割り当てられると、優先度が最も高い仕事は、ブロック(12)で実行される。そして、AHPプロセスは、残りの仕事と、特定された任意の新しい仕事とについて繰り返し行われて、仕事の優先度の値がさらに決定される。

20

【0009】

本発明の方法は、仕事の優先度を連続的にアップデートするのに使用される。例えば、完了すべき最初の仕事としてある仕事は特定されると、プロセスが行われて、次の仕事は決定されるだろう。その方法は、複数の基準を迅速に評価して、多数の仕事に関する決定を行う。

【0010】

階層化意思決定法(AHP)は、決定を行うやり方であって、部分的な情報、データ及び知識を用いて、複数の選択肢に関して順序付けられた値の集合を決定する。今の場合、選択肢は、評価されるセンサの仕事である。AHPは、構造的階層を用いて、構造化された一連の規則に従って値の計算を行う。階層は、マルチレベル構造を用いて複雑な問題を表現したものである。階層を用いると、問題又は目的は、レベル(Levels)と代替案(Alternatives)とに分解される。「代替案」は、センサによって実行される選択可能な仕事を意味する。選択可能な仕事の各々の値は、その全体的なウエイト(レベル1のウエイトにレベル2のウエイトを掛けたもの)に、ユーザによって選択されるスケーリング(scaling)(レベル3)を掛けて計算される。例えば、レベル0は目的であり、レベル1は任務の種類であり、レベル2は、分解されたレベル1の評価基準である。説明する実施例では、3つの任務の種類が示されているが、本発明は、3つの種類の任務に限定されない。

30

【0011】

AHPアルゴリズムは、仕事を評価して順序付けを行い、スケジューラは最も値が高い仕事を選択する。種々の方程式が用いられて、探索、追跡、同定(ID)及び描画などのレーダの仕事に関する相対的値を計算する。一部の仕事における最高の値を用いて優先度を決定して、少ない資源をよりうまく利用することも可能である。

40

【0012】

階層化意思決定法は、複数のレベルに評価基準が分けられた階層を用いる。様々なパラメータが用いられて、レベル内及びレベル間における評価基準の相対的な重要性が確立される。レベルは、階層化レベルを意味する。階層は、目的、レベル及び代替案を含んでいる。任意のレベルは、構成の所定のレベルでの評価基準を含んでいる。本発明のある実施例では、レベル1は、空対地、偵察、空対空等の任務の種類を意味しており、レベル2は、任務の種類各々内における分解を、例えば空対地任務を構成する要素を意味している。

50

## 【 0 0 1 3 】

図 2 は、階層化意思決定法のステップを示すフローチャートである。プロセスの階層が確立されて(ブロック(14))、仕事の評価基準が決定される(ブロック(16))。そして、内部基準ウエイトが決定される(ブロック(18))。これら内部基準ウエイトは、個々のレベルにおいて、基準間の重みを示している。次に、基準内(カテゴリ)が決定される(ブロック(20))。ウエイトは、固有ベクトル法を用いて AHP アルゴリズムを用いて計算される。カテゴリは、任意の基準内の基準ラベルを意味する。基準内ウエイトは、同じレベルにおける評価基準間の重みである。

## 【 0 0 1 4 】

性能対値のマップ(Scales)が、各評価基準(ブロック(22))内で設定されて、仕事の値及び順序が計算される(ブロック(24))。そして、値のデータはセンサマネージャに出力されて(ブロック(26))、センサマネージャが 1 又は複数のセンサに指示をして、優先度の値が最も高い仕事の実行される。

10

## 【 0 0 1 5 】

この発明は、1つの空中センサ(airborne sensor)で実行される、空及び地上の軍事的な監視、偵察任務について定められる特定の任務の種類と内部基準とに適用できる。基本的なセンサ管理の設計とアルゴリズムの集まりは、その他の種類の任務とセンサ特性とに基準を合わせることで、その他の用途に拡張可能である。

## 【 0 0 1 6 】

例えば、空対空監視評価基準は、以下のようにされる。

20

1. 例えば、ターゲットが味方(FRIEND)又は敵(FOE)ステータスを有しているか否かのようなターゲット分類(Target Classification)。

2. ターゲットサイズ(Target Size)。

3. 例えばターゲットの種類のような、ターゲットID(Target ID)。

4. レーダアンテナ座標系における自機からの範囲であるターゲットレンジ。自機は、基準となる航空機(例えば、偵察機)である。

5. ターゲットの位置及び速度の誤差項で定義される共分散データ(Covariance Data)。

6. 自機とターゲット間の相対速度のサイト(sight)成分上にあるターゲットラインで定義されるレンジレート(Range Rate)。

30

7. 例えば、相対的に重要なオペレータ定義領域のような、重要な指定領域(Named Area of Interest)。

8. 例えば、相対的に重要なオペレータ定義優先度のような、オペレータ優先度(Operator Priority)。

9. アップデートの必要を告げる、最後のアップデートからの時間(Time Since Last Update)。

10. ターゲット/兵器の戦闘又は迎撃に関する戦闘ステータス(Engagement Status)。

例えば、「なし(None)」は、戦闘が計画されていないことを意味する。「保留(Pending)」は、ターゲットがシューター又は兵器と対になったことを意味する。「動作中(Active)」は、ターゲットが兵器と対になったが、シューターが高精度の追跡を要求していないことを意味する。「最終(Terminal)」は、ターゲットが兵器と対になっており、シューターが高精度の追跡を要求することを意味する。

40

## 【 0 0 1 7 】

空対地監視評価基準は、以下のようにされる。

1. 例えば、ターゲットが味方又は敵ステータスを有しているか否かのようなターゲット分類。

2. ターゲットサイズ。

3. 例えばターゲットの種類のような、ターゲットID。

4. ターゲットの位置及び速度の誤差項で定義される共分散データ。

5. 例えば、相対的に重要なオペレータ定義領域のような、重要指定領域。

50

6. 例えば、相対的に重要なオペレータ定義優先度のような、オペレータ優先度。

7. アップデートの必要を告げる、最後のアップデートからの時間。

8. ターゲット/兵器の戦闘又は迎撃に関する戦闘ステータス。例えば、「なし」は、戦闘が計画されていないことを意味する。「保留」は、ターゲットがシューター又は兵器と対になったことを意味する。「動作中」は、ターゲットが兵器と対になったが、シューターが高精度の追跡を要求していないことを意味する。「最終」は、ターゲットが兵器と対になっており、シューターが高精度の追跡を要求することを意味する。

#### 【0018】

偵察評価基準は、以下のようにされる。

1. レーダのボアサイト(bore-sight)又は要求されたルックアングルに対する合成開口レーダ(SAR)中心の現在の角度として定義される最適化角度(Optimized Angle)。 10

2. SAR領域内にある地形によってマスクされない領域の割合のような視界(Visibility)。

3. 飛行中における次に計画された旋回の前にSARが完了できるか否かを判断する旋回前時間(Time Before Turn)。

4. 例えば、相対的に重要なオペレータ定義領域のような、重要指定領域。

5. 例えば、相対的に重要なオペレータ定義優先度のような、オペレータ優先度。

6. 停留(dwell)実行の緊急度として定義される許容待ち時間(Allowable Latency)。

#### 【0019】

レベル1(任務)の各々は、レベル2の評価基準に還元できる。例えば、空対地評価基準はレベル2の評価基準(ターゲット分類、ターゲットサイズ、・・・、戦闘ステータス)に分解できる。レベル2の8つの評価基準は、下記のリストに示されている。 20

#### 【0020】

空対地監視評価基準は、空対空任務に関する以下のレベル2の評価基準に還元できる。

1. ターゲット分類。

2. ターゲットサイズ。

3. ターゲットID。

4. 共分散データ。

5. 重要指定領域。

6. オペレータ優先度。 30

7. 最後のアップデートからの時間。

8. 戦闘ステータス。

#### 【0021】

内部基準ウエイトは、個々のレベルにて評価基準間に確立される必要がある。内部基準ウエイトを決定する2つの方法がある。(1) 評価基準へのウエイトの割り当て。(2) 評価基準間の一対投票(pair-wise voting)。ウエイト割り当て方法は、最初に内部基準ウエイトを設定する場合に、またはむしろ、一対投票方法を用いて以前に計算されたウエイトの集合を割り当てる場合に使用できる。ウエイト割り当て方法は、ユーザとの相互作用が必要とされないの、リアルタイム処理に好ましい。一対投票法は、最初に内部基準ウエイトを設定する場合に、または、ウエイトを再度求める場合に使用できて、較正手順として考えられる。 40

#### 【0022】

ウエイト割り当て方法について説明する。ここで例示して説明されるセンサマネージャには、2つのレベルの内部基準ウエイトがある。ウエイトは、(例えば、グラフィカルユーザインターフェイス(GUI)を用いて)対話形式で割り当てられ、ハードコードされ、ある種の媒体から読み出される。値は、レベル1及びレベル2の評価基準の各々に割り当てられる。

#### 【0023】

レベル1について、値が割り当てられる一方で、レベル2について、ウエイトが、AHP一対投票方法を用いて計算される。割り当てられる値は、現在の任務の種類について、 50

その分野におけるエキスパートによる最良の推定値である。値は、0.0から1.0の範囲(値の間隔)の浮動小数点数として割り当てることが可能である。

【0024】

ウエイトの規格化は、与えられた任意のレベル(例えば、レベル1又はレベル2)のウエイトを合計するようなウエイトの計算を意味する。レベル1については、局所的なウエイトは、レベル1のウエイトの和で規格化される。レベル2については、局所的なウエイトは、各カテゴリに関してレベル2のウエイトの和で規格化される。故に、4つの別個の規格化を実行する必要がある。任務(レベル1)。空対空、空対地、及び監視任務の種類(レベル2)。規格化は、(1に等しい)各レベルの相対的な大きさが、全てのレベルにおける全ての刺激(stimuli)を比較して順序付けることを可能にする。

10

【0025】

レベル1について、

【数1】

$$\bar{u}_i = \frac{u_i}{\sum_{j=1}^3 u_j} \quad i=1,2,3 \quad (1)$$

ここで、 $u_i$ は、レベル1の評価基準に割り当てられたウエイトである。

【0026】

空対空任務の例は、センサが自主探索モード(Autonomous Search Mode)及び/又はキュード探索モード(Cued Search Mode)で動作されている場合に、空中のターゲットを探すことである。ターゲットが得られると、センサはターゲットの追跡に移行する。分類/同定を実行するように指示されると、センサは種々のモードで動作して、分類/同定を実行する。司令部による戦闘の決定があると、センサは、高精度で追跡して戦闘を支援する。

20

【0027】

レベル2について、

【数2】

$$\bar{x}_i = \frac{x_i}{\sum_{k=1}^{10} x_k} \quad i=1,2,\dots,10 \quad (2)$$

30

$$\bar{y}_i = \frac{y_i}{\sum_{k=1}^8 y_k} \quad i=1,2,\dots,8 \quad (3)$$

$$\bar{z}_i = \frac{z_i}{\sum_{k=1}^6 z_k} \quad i=1,2,\dots,6 \quad (4)$$

(一対投票法とは異なり)割り当て方法では、 $x$ 、 $y$ 、 $z$ は、レベル2の評価基準(夫々、空対空、空対地及び監視)に関した、「局所的に」規格化された割り当てである。

40

【0028】

次の式は、レベル1のカテゴリの各々に関する全体的なウエイトを示している。

【数 3】

$$w_{1i} = \bar{u}_1 \bar{x}_i \quad i = 1, 2, \dots, 10 \quad (5)$$

$$w_{2i} = \bar{u}_2 \bar{y}_i \quad i = 1, 2, \dots, 8 \quad (6)$$

$$w_{3i} = \bar{u}_3 \bar{z}_i \quad i = 1, 2, \dots, 6 \quad (7)$$

つまり、全体的なウエイトは、レベル 1 の内部基準ウエイトにレベル 2 の対応する内部基準ウエイトを掛けた積である。代替案の値は、全体的なウエイト(レベル 1 のウエイトに

10

【0029】

スケールは、代替案を除いて、階層構造において最も低いレベルである。スケールは、ラベルと、各評価基準に対応して割り当てられた値とで構成されている。カテゴリは、所定の評価基準のスケールに関するラベルの集まりである。スケール内のラベルは、値に応じて順序付けされる。これらラベルは、適切なスケール内における関連した値へのリンクを提供する。スケールの値は、(X, Y カーテシアングラフに似ているが、測定における順序を示す)与えられたスケール内においてラベルに付されたユーティリティを示している。設定は、記述的なラベルと、スケールに関連した値との任意の選択を意味する。

20

【0030】

内部基準は、レベル 1 の評価基準であって、さらにレベル 2 に分解される。例えば、レベル 1 の評価基準(空対地)は、レベル 2 の一部に分解される。用語「基準内(intra-criteria)」(基準も同様)は、ある基準(criterion)に付されたラベル及び値を意味する。大抵の場合、基準は、レベル 3 のラベル及び値を意味する。

【0031】

基準内カテゴリは、性能、制限又はコストの特性(ラベル)をスケール(値)にマッピングする。ラベルは、任意の基準(スケール)内における記述子の集まりであって、(1対1で)値に対応している。これらは、基本的に、基準内に関するユーティリティマップ又は値の曲線である。スケールは、基準の値の集合内における最大のスケール値で規格化される。

30

【0032】

レベル 1 のグループの各々について、k 番目の代替案と i 番目の基準内に関するスケール  $s_{ik}$  は、次のように与えられる。

【数 4】

$$\bar{s}_{1ik} = \frac{s_{1ik}}{\text{Max}(s_{1i})} \quad i = 1, 2, \dots, 10 \quad (8)$$

$$\bar{s}_{2ik} = \frac{s_{2ik}}{\text{Max}(s_{2i})} \quad i = 1, 2, \dots, 8 \quad (9)$$

$$\bar{s}_{3ik} = \frac{s_{3ik}}{\text{Max}(s_{3i})} \quad i = 1, 2, \dots, 6 \quad (10)$$

40

【0033】

最終値の計算と代替案の順序付けについて説明する。内部基準ウエイトベクトルと、スケールユーティリティ曲線との内積は、3つのレベル 1 の内部基準グループの各々と、k 番目の代替案とについて、次式を用いて計算される。



【数 5】

$$v_k = \sum_{i=1}^{10} w_{1i} \bar{s}_{1ik} \quad (11)$$

$$v_k = \sum_{i=1}^8 w_{2i} \bar{s}_{2ik} \quad (12)$$

$$v_k = \sum_{i=1}^6 w_{3i} \bar{s}_{3ik} \quad (13)$$

10

【0034】

次に、センサマネージャの構造階層の概要を示す。最初の2つのレベルは内部基準を持っている。レベル1は、任務の種類であり、レベル2は、3つの要素、空対空、空対地及び監視任務を有している。内部基準の各々は、基準内と呼ばれる内部スケールの集まりを有している。基準内の一例の概要が、後述のレベル3に示されている。スケールは、最も低いレベルであって、この例ではレベル3である。後述の例では、レベル1は、「空対空監視」であり、レベル2は、ターゲット分類、ターゲットサイズ、ターゲットID、ターゲットレンジ、共分散データ、レンジレート、重要指定領域、オペレータ優先度、最後のアップデートからの時間、及び戦闘ステータスを含んでいる。ターゲット分類に関するレベル3の例には、赤、青、ニュートラル、不明、及びサーチがある。

20

【0035】

これらのスケールは、内部基準ウエイトから個々のターゲット及びサーチの値へのマッピングを提供する。特定のカテゴリ及び値は、全体的な用途に加えて、この用途内で得られた経験にも依存する。

【0036】

[1. 空対空監視]

1. ターゲット分類

- a. 赤、
- b. 青、
- c. ニュートラル、
- d. 不明、
- e. サーチ。

30

【0037】

2. ターゲットサイズ

- a. 非常に大きい、
- b. 大きい、中間、
- c. 小さい、
- d. 非常に小さい、
- e. 不明、
- f. サーチ。

40

【0038】

3. ターゲットID

- a. ミサイル、
- b. 兵器1、
- c. 兵器2、
- d. 兵器3、
- e. 戦闘機、
- f. 爆撃機、
- g. 給油機、
- h. スパイ機 A/C、

50

- i . 偵察機 A / C、
- j . ヘリコプタ、
- k . 商業用 A / C、
- l . 不明、
- m . サーチ。

## 【 0 0 3 9 】

## 4 . ターゲットレンジ

- a . 7 5 k m、
- b . 1 0 0 k m、
- c . 1 2 5 k m、
- d . 1 5 0 k m、
- e . 1 7 5 k m、
- f . 2 0 0 k m、
- g . 2 2 5 k m、
- h . 2 5 0 k m、
- i . 3 0 0 k m、
- j . 4 0 0 k m、
- k . 5 0 0 k m 以上、
- l . サーチ。

10

## 【 0 0 4 0 】

## 5 . 共分散データ

- a . > 3 ビーム幅、
- b . < 3 ビーム幅、
- c . < 2 ビーム幅、
- d . < 1 ビーム幅、
- e . < 0 . 7 5 ビーム幅、
- f . < 0 . 5 0 ビーム幅、
- g . < 0 . 2 5 ビーム幅。

20

## 【 0 0 4 1 】

## 6 . レンジレート

- a . < マイナス 7 5 0 m / s、
- b . < マイナス 5 0 0 m / s、
- c . < マイナス 3 0 0 m / s、
- d . < マイナス 2 0 0 m / s
- e . < マイナス 1 0 0 m / s、
- f . < 0、
- g . > 0、
- h . > プラス 1 0 0 m / s、
- i . > プラス 2 0 0 m / s、
- j . > プラス 3 0 0 m / s、
- k . > プラス 5 0 0 m / s、
- l . > プラス 7 5 0 m / s、
- m . サーチ。

30

40

## 【 0 0 4 2 】

7 . 重要指定領域 - 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、サーチ。

## 【 0 0 4 3 】

8 . オペレータ優先度 - 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10。

## 【 0 0 4 4 】

9 . 最後のアップデートからの時間

- a . < 2 0 m s、

50

- b . < 1 0 0 m s 、
- c . < 2 0 0 m s 、
- d . < 3 0 0 m s 、
- e . < 5 0 0 m s 、
- f . < 1 s 、
- g . < 2 s 、
- h . < 3 s 、
- i . < 5 s 、
- j . > 5 s 。

## 【 0 0 4 5 】

10

## 1 0 . 戦 闘 ス テ ー タ ス

- a . な し 、
- b . 保 留 、
- c . 動 作 中 、
- d . 最 終 、
- e . サ ー チ 。

## 【 0 0 4 6 】

## [II . 空 対 地 監 視 ]

## 1 . タ ー ゲ ッ ト 分 類

- a . 赤 、
- b . 青 、
- c . ニ ュ ー ト ラ ル 、
- d . 不 明 、
- e . サ ー チ 。

20

## 【 0 0 4 7 】

## 2 . タ ー ゲ ッ ト サ イ ズ

- a . 非 常 に 大 き い 、
- b . 大 き い 、
- c . 中 間 、
- d . 小 さ い 、
- e . 非 常 に 小 さ い 、
- f . 不 明 、
- g . サ ー チ 。

30

## 【 0 0 4 8 】

## 3 . タ ー ゲ ッ ト I D

- a . 通 信 、
- b . ト ラ ッ ク 、
- c . 戦 車 、
- d . 車 、
- e . 商 業 用 、
- f . 不 明 、
- g . サ ー チ 。

40

## 【 0 0 4 9 】

## 4 . 共 分 散 デ ー タ

- a . > 3 \* D T N N ( 最 隣 接 へ の 距 離 ) 、
- b . < 2 \* D T N N 、
- c . < 1 \* D T N N 、
- d . < 0 . 5 \* D T N N 、
- e . < 0 . 3 \* D T N N 、
- f . < 0 . 1 \* D T N N 、

50

g .サーチ。

【 0 0 5 0 】

5 . 重要指定領域 - 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10又はサーチ。

【 0 0 5 1 】

6 . オペレータ優先度 - 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10。

【 0 0 5 2 】

7 . 最後のアップデートからの時間

a . < 1秒、

b . < 3秒、

c . < 5秒、

d . < 10秒、

e . < 20秒、

f . < 30秒、

g . < 45秒、

h . < 1分、

i . > 1分。

10

【 0 0 5 3 】

8 . 戦闘ステータス

a . なし、

b . 保留、

c . 動作中、

d . 最終、

e . サーチ。

20

【 0 0 5 4 】

[III . 偵察評価基準]

1 . 最適化角度

a . < 5°、

b . < 10°、

c . < 20°、

d . < 30°、

e . < 40°、

f . < 50°、

g . < 60°。

30

【 0 0 5 5 】

2 . 視界

a . < 100%、

b . < 75%、

c . < 50%、

d . < 25%、

e . 10%可視。

40

【 0 0 5 6 】

3 . 旋回前時間

a . 完了できる、

b . 完了できない。

【 0 0 5 7 】

4 . 重要指定領域 - 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10又はサーチ。

【 0 0 5 8 】

5 . オペレータ優先度 - 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10。

【 0 0 5 9 】

6 . 許容待ち時間

50

- a . < 2 0 m s 、
- b . < 1 0 0 m s 、
- c . < 2 0 0 m s 、
- d . < 3 0 0 m s 、
- e . < 5 0 0 m s 、
- f . < 1 s 、
- g . < 2 s 、
- h . < 3 s 、
- i . < 5 s 、
- j . > 5 s 。

10

## 【 0 0 6 0 】

上記の構造的階層の番号5のカテゴリは、「共分散データ」であって、空対空任務と空対地任務の両方に現れている。ここで、カルマンフィルタが、空対空追跡装置と空対地追跡装置の両方に存在していることが仮定されている。AHPの「共分散データ」カテゴリを最新に維持するために、通常の追跡レートよりも高いレートで(この例では0.1秒毎に)カルマンタイムをアップデートする必要があるだろう。

## 【数6】

$$P_{k+1} = \Phi_k P_k \Phi_k^T + Q_k$$

ここでPは共分散行列、 $\Phi_k$ は移動行列、 $\Phi_k^T$ は移動行列の転地行列、Qはプロセスノイズである。カルマンフィルタリングは、「Brown, Robert Grover, "Introduction to Random Signal Analysis and Kalman Filtering", John Wiley & Sons, 1983」に説明されている。

20

## 【 0 0 6 1 】

これは、AHP処理に要する処理よりも非常に時間が掛かるだろう。上記の式の行列サイズは、カルマン状態ベクトルが9個の状態(3つの位置、3つの速度及び3つの加速度)を有すると仮定すると、(9×9)となる。

## 【数7】

$$x = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \\ \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{z} \end{pmatrix}$$

30

40

故に、時間のアップデートは、各ターゲットについて0.1秒毎に2つの(9×9)行列の掛け算を必要とするだろう。

## 【数8】

$$FLOPS = \frac{5,000(2)(9^3)}{0.1\text{sec}} = 7.29 \times 10^7 \quad (14)$$

## 【 0 0 6 2 】

SARレーダのプロセッサは、250GFLOPSピークの計算処理能力を有することができる。故に、式(14)で計算されるスループットは、システム全体の計算処理能力の

50

約 0.03 パーセントである。

【 0 0 6 3 】

式(14)から、スループットは、カルマンフィルタの状態数に敏感である。故に、空中のターゲットにのみ 9 つの状態のフィルタを用いて、地上に束縛されたターゲットにはより小さいフィルタを用いるのが好ましいだろう。加えて、地上のターゲットの加速能力は、4 つの状態で十分であろう。

【 数 9 】

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ \dot{x} \\ \dot{y} \end{pmatrix}$$

10

このフィルタについて、浮動少数点処理の数は、

【 数 1 0 】

$$FLOPS = \frac{5,000(2)(4^3)}{0.1\text{sec}} = 6.4 \times 10^6$$

空中に 500 のターゲットのみがあると仮定すると、負荷は、9 つの状態のフィルタについて計算された上述の数の 10 分の 1、 $7.29 \times 10^6$  であろう。地上のターゲットに関する上述の結果にこの数を加えると、空中と地上の双方のターゲット全体について修正された推定値として、 $1.37 \times 10^7$  が得られる。この数は、式(14)で計算される数よりもほとんど一桁小さくて、システムの全処理能力の約 0.005 パーセントとなる。故に、センサ管理に AHP アルゴリズムを用いる考えは、現在の処理能力で実現可能である。

20

【 0 0 6 4 】

(「Saaty, Thomas L., Fundamentals of Decision Making and Priority Theory, Vol. 6, 2000, RWS Publications」で説明されているような) 一対投票法が用いられて、センサ動作の方針が生成又は再較正される。一対投票法は、評価基準の各対の間の重要度を 1 乃至 9 スケールについて比較する方法である。n 個の評価基準が与えられると、 $n \times n$  正方向行列 A は、上三角部分に、評価基準の  $[n(n-1)/2]$  個の対を含んでいる。

30

【 0 0 6 5 】

一対比較行列の固有ベクトルが原理的に計算される。主対角は全て 1 であろう。A の下三角部分の要素は、上三角部分の要素の逆数から構成されるだろう。与えられた行列 A に対する内部基準ウエイト w の解は、固有値問題である。

【 数 1 1 】

$$A\mathbf{w} = \lambda\mathbf{w}$$

A が正の逆数行列 (reciprocal matrix) であるとする、上記方程式の適切な解を見つける手順は、Saaty の文献で与えられている。積行列 B は、

【 数 1 2 】

$$B = AA = A^2$$

40

B の要素が  $b_{ij}$  で示されるとすると、固有ベクトルは次の公式を用いて計算される。

【 数 1 3 】

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}} \quad (15)$$

50

$w_i$  の解が収束するまで、A の累乗を次々に上記のように計算する。例えば、

【数 1 4】

$$\mathbf{B} = \mathbf{A}^4$$

$$\mathbf{B} = \mathbf{A}^8$$

.

.

.

$$\mathbf{B} = \mathbf{A}^m$$

10

のように式(15)の再計算が行われる。

【0066】

一対(投票)行列の整合度が計算される。整合度比は、評価基準の一対投票が整合しているか否かのフィードバックをもたらす。整合度の存在は、整合度比( $C_r$ )を計算することで決定される。

【数 1 5】

$$C_r = \frac{1}{R_i} \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)}$$

20

ここで、

【数 1 6】

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j$$

$a_{ij}$  は(最新の)一対投票の正の逆数行列 A、 $w_i$  は内部基準ウエイトのベクトルであり、 $R_i$  はフォアマンテーブルで定義され、N は評価基準の数に等しい。

【表 1】

ランダムインデックス	$R_i$ 値
$N \leq 3$	0.52
$N = 4$	0.89
$N = 5$	1.11
$N = 6$	1.25
$N = 7$	1.35
$N = 8$	1.40
$N = 9$	1.45
$N = 10$	1.49
$N > 10$	1.54

30

40

【0067】

比  $C_r$  が 0.10 より大きい場合、行列  $a_{ij}$  (オリジナルの投票の行列又は最近の[反復された]行列  $a_{ij}$ ) は不整合と判断される。

【0068】

どんな不整合行列も、最悪の判断  $a_{ij}$  が比  $w_i/w_j$  に変更されると、さらに整合的になる。最も不整合な判断は、置き換えられるべき行列  $a_{ij}$  の項である。それは、上又は下三

50

角行列内にあるだろう。行列がなお不整合であるなら、不整合比について、補正因子が、以下のように適用される。

【0069】

行列が不整合である場合、一対(投票)行列の整合度は改善され得る。一対行列の不整合度が10パーセント以上である場合、投票は不整合であると判断される。これが2回目の補正である場合、最初の補正は、整合の評価を生じるほど十分でなかったことになる。

【0070】

第1のステップは、どの判断が最も不整合であるかを特定することである。不整合行列は、最悪の判断  $a_{ij}$  が比  $w_i/w_j$  に変更される場合に、より整合的になるだろう。比  $w_i/w_j$  は、 $i$  番目と  $j$  番目の項の内部基準ウエイトの比である。最悪の判断は、以下の比を作成することで見つけられる。

10

【数17】

$$c_{ij} = \frac{a_{ij}}{w_i/w_j}$$

【0071】

置き換えられる  $(i, j)$  項は、 $c_{ij}$  が最大である要素だろう。

【0072】

第2のステップは、この最悪の判断を補正することである。 $a_{ij}$  内の最悪の要素を置き換える。第1のステップで特定された既知の  $i$ 、 $j$  のインデックスについて、新しい比  $w_i/w_j$  を挿入する。これによって、整合比が改善された新しい  $a_{ij}$  行列が得られる。

20

【0073】

優先順位付けの方法によって、センサ性能のレベルが改善されると考えられる。レーダに適用される場合、本発明は、値が最も高い仕事を行うことで、レーダの十分な利用を促進し、過負荷状態において性能を優雅に低下させる。優先順位が付けられたリストは、利用可能なリソースに従って実行される。ターゲットの値のリアルタイムな再順序付けは、リソースを低下させると共に、値がより高いターゲットを処理することを確実にするために必要な入力データを与える。

【0074】

30

開示された例は、2つのレベルと、第3のスケールレベルとを有している。しかしながら、これらの特徴は不変ではない。レベル1及びレベル2のカテゴリは、手法を説明するためのものであって、固定化されたカテゴリを意図したものではない。

【0075】

本発明は幾つかの実施例について説明されたが、添付された特許請求の範囲で規定された本発明の範囲から逸脱することなく、開示された実施例に様々な変更が可能であることを、当該技術分野における通常の知識を有する者には明らかであろう。

【図面の簡単な説明】

【0076】

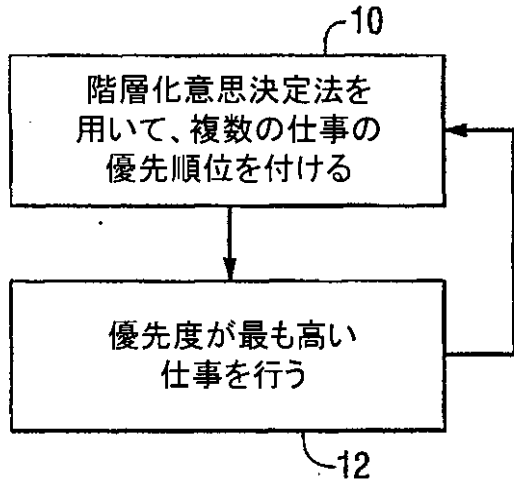
【図1】図1は、本発明の方法を示すフローチャートである。

40

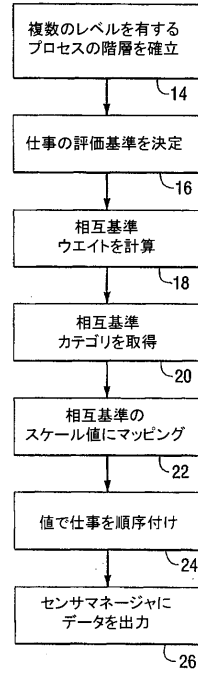
【図2】図2は、階層化意思決定法のステップを示すフローチャートである。



【図1】



【図2】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 スティーブン チャールズ ラハティ  
アメリカ合衆国 9 2 6 4 9 カリフォルニア, ハンティントンビーチ, ピアソン ドライブ 4  
2 4 2
- (72)発明者 カーク ウェスリー ハイワード  
アメリカ合衆国 9 0 2 1 1 カリフォルニア, ビバリーヒルズ, エス. タワー ドライブ 2 2  
5, # 3 0 3
- (72)発明者 ウェイン トマス ハリッジ  
アメリカ合衆国 9 1 3 2 6 カリフォルニア, ポーター ランチ, サンタ ローザ ドライブ  
1 9 9 0 8
- (72)発明者 ジェフリー デール ジェントリー  
アメリカ合衆国 9 0 2 5 4 カリフォルニア, ヘルモサ ビーチ, モントレー ブルバード 7  
1 1
- (72)発明者 ジョナサン ベルンハルト  
アメリカ合衆国 9 0 0 2 5 カリフォルニア, ロサンゼルス, パームズ ブルバード 1 0 1 2  
5, # 2 0 5

【外国語明細書】

2006059325000001.pdf