

(51)Int.Cl.

F I

G 0 1 J 5/06 (2006.01)

G 0 1 J 5/06

G 0 1 J 5/48 (2006.01)

G 0 1 J 5/48

E

請求項の数3 (全8頁)

(21)出願番号 特願2006-58869(P2006-58869)
 (22)出願日 平成18年3月6日(2006.3.6)
 (65)公開番号 特開2007-240164(P2007-240164A)
 (43)公開日 平成19年9月20日(2007.9.20)
 審査請求日 平成18年3月6日(2006.3.6)

前置審査

(73)特許権者 390014306
 防衛省技術研究本部長
 東京都新宿区市谷本村町5番1号
 (74)代理人 100079290
 弁理士 村井 隆
 (72)発明者 岡村 壽洋
 東京都新宿区市谷本村町5-1防衛庁内
 (72)発明者 長嶋 満宏
 東京都新宿区市谷本村町5-1防衛庁内
 審査官 高 場 正光

最終頁に続く

(54)【発明の名称】赤外線2波長処理方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1及び第2の波長帯の赤外線について2波長赤外線カメラで撮像した目標画像の画素又は画素群毎の出力値に2波長演算処理を行うことにより、目標までの距離が不明でも目標の温度分布を算出する赤外線2波長処理方法であって、

前記第1及び第2の波長帯での、波長に依存して変化する単位距離あたりの大気減衰率 $k(\lambda)$ を算出し、

前記第1の波長帯 ($\lambda = \lambda_{1-} \sim \lambda_{1+}$) について、波長 λ_1 の目標の赤外線放射強度 A_1 が距離 x だけ伝搬し減衰した後の放射強度 $S_1(\lambda_1)$ を下記式

$$S_1(\lambda_1) = A_1(\lambda_1) \exp(-k(\lambda_1)x)$$

10

より求め、前記第1の波長帯全体の放射強度 S_1 を、 $\lambda = \lambda_{1-} \sim \lambda_{1+}$ にわたり $S_1(\lambda)$ を加え合わせて求め、

同様に、前記第2の波長帯 ($\lambda = \lambda_{2-} \sim \lambda_{2+}$) について、波長 λ_2 の目標の赤外線放射強度 A_2 が距離 x だけ伝搬し減衰した後の放射強度 $S_2(\lambda_2)$ を下記式

$$S_2(\lambda_2) = A_2(\lambda_2) \exp(-k(\lambda_2)x)$$

より求め、前記第2の波長帯全体の放射強度 S_2 を、 $\lambda = \lambda_{2-} \sim \lambda_{2+}$ にわたり $S_2(\lambda)$ を加え合わせて求めることにより、

前記2波長赤外線カメラの前記第1及び第2の波長帯での出力値となる前記放射強度 S_1, S_2 と目標の温度及び距離との間の関係式を導出し、

測定された前記2波長赤外線カメラの出力値を前記関係式に代入し、2元非線形連立方

20

程式を解くことにより、目標の温度を演算することを特徴とする赤外線 2 波長処理方法。

【請求項 2】

前記 2 波長演算処理を実施するために、前記 2 波長赤外線カメラの前記第 1 及び第 2 の波長帯に対応した感度帯域内において波長の違いによって大気透過率が一定でなくても温度、湿度及び視程から求められた波長毎の大気透過率を既知の値とする請求項 1 記載の赤外線 2 波長処理方法。

【請求項 3】

前記 2 波長演算処理において、目標の温度決定後又は目標の温度決定前に、目標までの距離を算出する請求項 1 又は 2 記載の赤外線 2 波長処理方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、距離が不明な目標から放射され、大気を伝搬して減衰した 2 波長赤外線を 2 波長赤外線カメラで撮像し、赤外線 2 波長処理を行うことで、1 波長では不可能な、目標の正確な温度分布を求めることが可能な赤外線 2 波長処理方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般的に、赤外線画像センサを用いて赤外線放射率が既知の目標の温度分布を測定するためには、目標からの赤外線を赤外線センサで捉え、センサの各画素が捉えた目標の赤外線放射量を測定するとともに、大気の減衰率及び目標までの距離から赤外線の減衰量を算出し、測定した赤外線放射量にその減衰量を加算して、目標の放出する正確な赤外線放射量から目標の温度分布を求めなければならない。つまり、大気の赤外線減衰率及び目標までの距離が既知でなければ、目標の温度分布を正確に測定することができない。

20

【0003】

しかしながら、野外測定においては、目標までの距離を正確に求めることが困難な場合が多く、その場合には、目標までの距離を任意に設定することで、目標の温度を測定していた。しかし、この方法では誤差が大きく目標の温度を正確に求めることは困難であった。

【0004】

なお、2 波長赤外線画像を取得する装置としては、下記特許文献 1 等が知られているが、距離が不明な目標から放射された 2 波長赤外線の画像処理により、目標の正確な温度分布を求めることを目的としたものは見当たらない。

30

【0005】

【特許文献 1】特開平 9 - 166400 号公報「2 波長分離光学系による 2 波長赤外線画像ホーミング装置」

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであり、異なった 2 波長帯域の赤外線を用いることで、目標までの距離が不明であっても、波長毎の大気透過率データ（例えば大気温度、湿度及び視程で決定できる）から、目標の温度を正確に求めることのできる赤外線 2 波長処理方法を提供することを目的とする。

40

【0007】

また、この時、大気透過率が 2 波長赤外線カメラの感度帯域において一定でなく、波長毎に大きく変動していても適用可能な赤外線 2 波長処理方法を提供する。

【0008】

本発明のその他の目的や新規な特徴は後述の実施の形態において明らかにする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するために、本発明の赤外線 2 波長処理方法は、第 1 及び第 2 の波長帯

50

の赤外線について 2 波長赤外線カメラで撮像した目標画像の画素又は画素群毎の出力値に 2 波長演算処理を行うことにより、目標までの距離が不明でも目標の温度分布を算出する方法であって、

前記第 1 及び第 2 の波長帯での、波長 λ に依存して変化する単位距離あたりの大気減衰率 $k(\lambda)$ を算出し、

前記第 1 の波長帯 ($\lambda = \lambda_{1-} \sim \lambda_{1+}$) について、波長 λ の目標の赤外線放射強度 A_1 が距離 x だけ伝搬し減衰した後の放射強度 $S_1(\lambda)$ を下記式

$$S_1(\lambda) = A_1(\lambda) \exp(-k(\lambda)x)$$

より求め、前記第 1 の波長帯全体の放射強度 S_1 を、 $\lambda = \lambda_{1-} \sim \lambda_{1+}$ にわたり $S_1(\lambda)$ を加え合わせて求め、

10

同様に、前記第 2 の波長帯 ($\lambda = \lambda_{2-} \sim \lambda_{2+}$) について、波長 λ の目標の赤外線放射強度 A_2 が距離 x だけ伝搬し減衰した後の放射強度 $S_2(\lambda)$ を下記式

$$S_2(\lambda) = A_2(\lambda) \exp(-k(\lambda)x)$$

より求め、前記第 2 の波長帯全体の放射強度 S_2 を、 $\lambda = \lambda_{2-} \sim \lambda_{2+}$ にわたり $S_2(\lambda)$ を加え合わせて求めることにより、

前記 2 波長赤外線カメラの前記第 1 及び第 2 の波長帯での出力値となる前記放射強度 S_1, S_2 と目標の温度及び距離との間の関係式を導出し、

測定された前記 2 波長赤外線カメラの出力値を前記関係式に代入し、2 元非線形連立方程式を解くことにより、目標の温度を演算することを特徴としている。

【0010】

20

前記赤外線 2 波長処理方法において、前記 2 波長演算処理を実施するために、前記 2 波長赤外線カメラの前記 2 つの波長帯に対応した感度帯域内において波長の違いによって大気透過率が一定でなくても温度、湿度及び視程から求められた波長毎の大気透過率を既知の値としてもよい。

【0011】

また、前記 2 波長演算処理において、目標の温度決定後又は目標の温度決定前に、目標までの距離を算出することができる。

【発明の効果】

【0012】

本発明に係る赤外線 2 波長処理方法によれば、目標までの距離が不明であっても、2 波長赤外線カメラで撮像した 2 波長赤外線画像から目標の温度分布を正確に求めることができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明を実施するための最良の形態として、赤外線 2 波長処理方法の実施の形態を図面に従って説明する。

【0014】

図 1 乃至図 4 を用いて本発明に係る実施の形態について説明する。なお、説明を簡略化するために目標の赤外線放射率を 1 (黒体) と仮定する。また、2 波長赤外線カメラ 3 は 2 つの波長帯域の赤外線画像を同一画角、同一画素数で取得するものである。また以下の処理は、2 波長赤外線カメラ 3 のそれぞれの波長帯域における対応画素毎に行われるものとする。

40

【0015】

図 1 において、目標 1 から波長 λ_1 及び波長 λ_2 の赤外線が放射されているものとする。それぞれの赤外線は、大気 2 中を伝搬距離 L だけ伝搬し、2 波長赤外線カメラ 3 で検出するものとする。 A_1 を目標 1 から放射された直後の波長 λ_1 の赤外線放射強度、 A_2 を目標 1 から放射された直後の波長 λ_2 の赤外線放射強度、 S_1 を大気伝搬後の減衰した 2 波長赤外線カメラ 3 に入射する直前の波長 λ_1 の赤外線放射強度、 S_2 を大気伝搬後の減衰した 2 波長赤外線カメラ 3 に入射する直前の波長 λ_2 の赤外線放射強度とする。なお、 λ_1 を波長 λ_{1-} から λ_{1+} の帯域の波長帯、 λ_2 を波長 λ_{2-} から λ_{2+} の帯域の波長帯とすれば

50

、カメラ3の感度帯域は、例えば図2の様な形状と仮定できる。図2の $w(\lambda)$ は赤外線カメラ3の感度である。

【0016】

大気が同一温度、湿度及び視程で均一と仮定すれば、単位距離あたりの大気減衰率 $k(\lambda)$ は、市販ソフトウェアのMODTRAN等を用いて計算された単位距離あたりの大気透過率 $\tau(\lambda)$ から求めることができる。ここで、大気透過率は波長の関数であり、例えば λ_1 から λ_2 まで図3の様に変動すると仮定する。 λ_1 の帯域についても同様である。ここで $k(\lambda)$ を $\tau(\lambda)$ を用いて表すと、

【数1】

$$k(\lambda) = -\ln(\tau(\lambda)) \quad (1)$$

10

(1)式により、単位距離あたりの大気減衰率 $k(\lambda)$ は既知となる。

【0017】

次に図4に示す様に、目標までの距離 L 及び目標の温度 T_0 を2波長赤外線カメラ3を用いて測定した出力値 S_1 及び S_2 から求める手法を説明する。

【0018】

まず、図1の赤外線放射強度 $A_1(\lambda)$ を温度 T (絶対温度)で表すことを考える。 $A_1(\lambda)$ を大気減衰率がほぼ一定と仮定できる微小な波長範囲とすれば、 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ の波長範囲において、黒体が放出する放射強度を $A_1(\lambda)$ とおけば、赤外線カメラ3の感度を図2の $w(\lambda)$ として、 $A_1(\lambda)$ はプランクの式を用いて

20

【数2】

$$A_1(\lambda) = \int_{\lambda}^{\lambda+\Delta\lambda} \frac{C_1 w(\lambda)}{\lambda^5 (\exp(C_2/\lambda T) - 1)} d\lambda \quad (2)$$

ここで、 $C_1 = 2hc^2$ 、 $C_2 = hc$ 、 c :光速、 h :プランク定数である。

【0019】

(2)式を計算の簡略化のため T の m 1次(m 1:正整数)の多項式で近似すると、

【数3】

$$A_1(\lambda) = \sum_{i=0}^{m1} a_i(\lambda) T^i \quad (3)$$

ここで $a_i(\lambda)$ は波長に依存する多項式係数である。

【0020】

次に図1において赤外線放射強度 $A_1(\lambda)$ が距離 x だけ伝搬した後の減衰後の放射強度 $S_1(\lambda)$ を $A_1(\lambda)$ と x 及び(1)式の大気減衰率 $k(\lambda)$ を用いて表すと、

40

【数4】

$$S_1(\lambda) = A_1(\lambda) \exp(-k(\lambda)x) \quad (4)$$

(4)式は赤外線放射強度が大気中を指数関数的に減少することを示している。波長帯全体の放射強度 S_1 は、 λ_1 から λ_2 の波長帯まで、 $S_1(\lambda)$ を加え合わせたものであるから、

50

【数 5】

$$S_1 = \sum_{\lambda=\lambda_1-}^{\lambda_1+} S_1(\lambda) \quad (5)$$

ここで(3)式を(4)式に代入するとともに、(4)式の指数関数を x の n_1 次 (n_1 : 正整数) の多項式で展開し、多項式展開された(4)式を(5)式に代入すると、(5)式の形は、

【数 6】

$$S_1 = \sum_{i=0}^{m_1} \sum_{j=0}^{n_1} C_{1ij} T^i x^j \quad (6)$$

ここで C_{1ij} は T 及び x の多項式の係数であり、また m_1 及び n_1 は、それぞれ T 及び x の多項式近似次数である。また S_2 についても同様な議論が成立するため、同様に以下の式が成立する。

【数 7】

$$S_2 = \sum_{i=0}^{m_2} \sum_{j=0}^{n_2} C_{2ij} T^i x^j \quad (7)$$

ここで、 C_{2ij} は T 及び x の多項式の係数であり、また m_2 及び n_2 は、それぞれ T 及び x の多項式近似次数である。

【0021】

次に(6)式において、 $(m_1 + 1)(n_1 + 1)$ 個の C_{1ij} の決定法であるが、これは計算機シミュレーションにより行う。つまりある温度 T 及び距離 x に対して、(2)式のプランクの式の積分により発生させた微小な波長範囲の赤外線放射強度を用いて、(4)式により大気減衰後の赤外線放射強度を計算する。この時、(2)式の赤外線カメラ 3 の $w(\)$ は、赤外線光源、可変フィルタ及び分光放射計測装置等を用いて実測し、正確に求めておく必要がある。また、距離 x における大気減衰率 $k(\ , x)$ は、前述した MODTRAN 等を用いて決定される。 S_1 は、(5)式を用いてカメラの検出波長範囲において、計算される。温度 T に関して M 個、距離 x に関して N 個のパラメータを用いれば、 MN 個の S_1 が求められる。 $(m_1 + 1)(n_1 + 1) = MN$ であれば、最小 2 乗法を用いて、 C_{1ij} を決定することができる。以上の手法は 2 に関して適用され、同様に C_{2ij} も決定することができる。以上の様に、赤外線 2 波長処理方法は、2 波長赤外線カメラ 3 で得た赤外線放射強度 S_1 及び S_2 と、計測された温度、湿度及び視程とから、 C_{1ij} 及び C_{2ij} を決定する機能を持つ。

【0022】

以上で、目標から発せられた赤外線を 2 波長赤外線カメラ 3 を用いて検出し、温度及び距離を求めるための準備が終了した。目標の温度 T 及び距離 x の算出は、2 波長赤外線カメラ 3 で計測した S_1 及び S_2 から、(6)式及び(7)式を連立させて、 T 及び x を変数とする 2 元非線形連立方程式を解くことにより行う。単純に解こうとすると、非常に時間がかかってしまうが、 T が増加すれば、 S_1 及び S_2 は単調に増加し、 x が増加すれば、 S_1 及び S_2 は単調に減少するという性質を使えば、この 2 元非線形連立方程式を高速で解くことができる。最終的に、 x は距離の真値 L に、 T は温度の真値 T_0 に収束する。

【0023】

以上説明した赤外線 2 波長処理方法は、目標までの距離が不明であっても、2 波長赤外線カメラで撮像した目標の各画素毎の 2 波長赤外線データから画素毎の温度を求めること

10

20

30

40

50

により、目標の温度分布を正確に求めることができる。また同時に目標までの距離を求めることも可能である。前記目標までの距離は目標の温度決定後に求めてもよいし、又は目標の温度決定前に求めてもよい。

【 0 0 2 4 】

なお、1画素毎に目標温度 T を演算する代わりに、隣接する複数画素を1つの画素群と考えると、画素群毎に目標温度 T を演算するようにしてもよい。

【 0 0 2 5 】

以上本発明の実施の形態について説明してきたが、本発明はこれに限定されることなく請求項の記載の範囲内において各種の変形、変更が可能なことは当業者には自明であろう。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 6 】

【 図 1 】 本発明に係る赤外線2波長処理方法の実施の形態であって、目標から放射された2波長帯域の赤外線が、大気により減衰を受け、2波長赤外線カメラに入射される場合の説明図である。

【 図 2 】 実施の形態で用いる2波長赤外線カメラの1波長帯及び2波長帯におけるセンサの感度線を表すグラフである。

【 図 3 】 赤外線大気透過率が一定でなく、波長に対して連続的に変化することを表すグラフである。

【 図 4 】 実施の形態において、温度 T_0 の目標から2波長赤外線が放出され、距離 L を伝搬し、2波長赤外線カメラに入射される場合の説明図である。

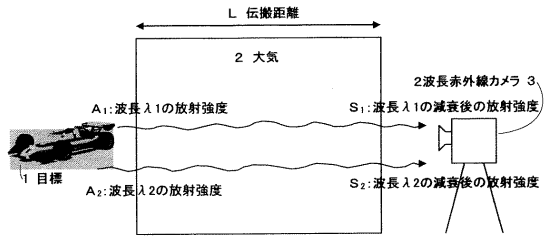
20

【 符号の説明 】

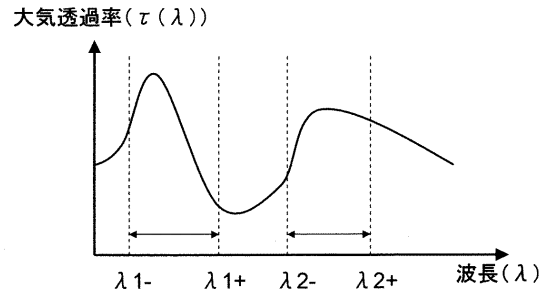
【 0 0 2 7 】

- 1 目標
- 2 大気
- 3 2波長赤外線カメラ
- A_1 : 波長 1の放射強度
- A_2 : 波長 2の放射強度
- S_1 : 波長 1の減衰後の放射強度
- S_2 : 波長 2の減衰後の放射強度

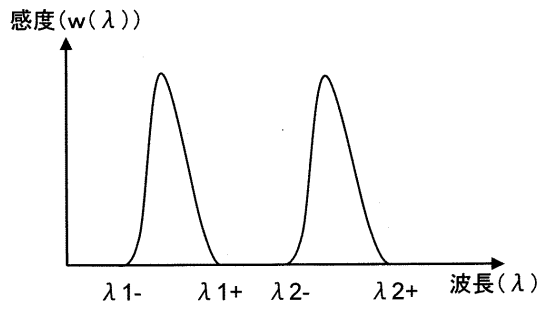
【 図 1 】



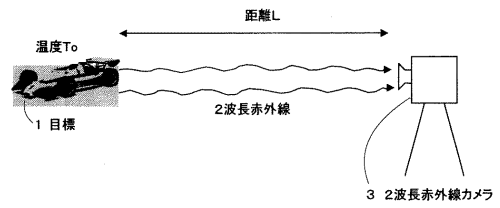
【 図 3 】



【 図 2 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-162369(JP,A)

岡村 壽洋 他, “赤外線2波長処理方式(その1)の研究”, 防衛庁技術研究本部技報, 2006年 2月, 第6926号

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01J5/00-5/62

JSTPlus(JDreamII)