

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4645961号  
(P4645961)

(45) 発行日 平成23年3月9日(2011.3.9)

(24) 登録日 平成22年12月17日(2010.12.17)

(51) Int.Cl. F I  
**A 6 1 B 5/01 (2006.01)** A 6 1 B 5/00 I O 1 K  
**G O 1 J 5/48 (2006.01)** G O 1 J 5/48 A

請求項の数 3 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2006-533424 (P2006-533424)	(73) 特許権者	505439037
(86) (22) 出願日	平成16年5月25日 (2004. 5. 25)		カーディオウエーブ インコーポレーテッド
(65) 公表番号	特表2007-516018 (P2007-516018A)		ド
(43) 公表日	平成19年6月21日 (2007. 6. 21)		アメリカ合衆国 ミネソタ 5 5 4 4 6
(86) 国際出願番号	PCT/US2004/016546		プリマス フォーティシックス アベニュー
(87) 国際公開番号	W02004/110248		ウ ノース 1 4 8 6 0
(87) 国際公開日	平成16年12月23日 (2004.12.23)	(74) 代理人	100068618
審査請求日	平成19年5月25日 (2007. 5. 25)		弁理士 粁 経夫
(31) 優先権主張番号	60/471, 747	(74) 代理人	100104145
(32) 優先日	平成15年5月27日 (2003. 5. 27)		弁理士 宮崎 嘉夫
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100109690
			弁理士 小野塚 薫
		(74) 代理人	100135035
			弁理士 田上 明夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 赤外線画像による被検体の中核体温を、遠隔、非侵襲で検出するシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

既知の温度を有する第一の、フレーム内の温度リファレンスと、  
 離れている被検体の少なくとも表面の部分、及び 前記第一の、フレーム内の温度リファ  
 レンスを含む視野に対する赤外線画像データを、遠隔かつ非侵襲で取得する赤外線画像装  
 置と、

前記表面部分の校正された表面温度を得るために、前記第一の、フレーム内の温度リファ  
 レンスと、前記表面部分とに対する赤外線画像データを使用するプログラム命令と、及び  
 校正された表面温度に関して周囲温度の熱移動の影響を明らかにする形で、周囲温度及び  
 校正された表面温度を使用して被検体の中核体温を得る上記プログラム命令と、  
 を含む、離れている被検体の中核体温情報を提供する赤外線画像システム。

10

【請求項 2】

被検体の少なくとも表面部分、及び 既知の温度を有する第一の、フレーム内のリファレ  
 ンスを含む視野に対する赤外線画像データを、遠隔かつ非侵襲で取得し、  
 前記表面近くの周囲温度を取得し、  
 前記表面部分の校正された表面温度を得るために、前記表面部分と、前記第一の、フレ  
 ーム内リファレンスに対する赤外線画像データを使用し、  
 前記校正された表面温度に関して周囲温度の熱移動の影響を明らかにする形で、前記周囲  
 温度及び校正された表面温度を使用して被検体の中核体温を得ること、  
 を含む、離れている被検体の中核体温を遠隔的及び非侵襲的に決定するための方法。

20

## 【請求項3】

前記被検体の赤外線画像データが取得される時、前記装置の視野内に付加的な、フレーム内温度リファレンスが、さらに含まれる請求項2記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

## 技術分野

この発明は、温血の被検体 (subject) の中核体温 (core body temperature) を、非侵襲かつ遠隔で検知するやり方に向けられたものである。特に、この発明は、赤外線画像によって、温血の被検体、人間あるいは動物の中核体温を、非侵襲かつ遠隔で、検知するやり方に向けられたものである。

10

## 【背景技術】

## 【0002】

## 発明の背景

世界の多くの地域では、重症急性呼吸器症候群 (SARS) あるいは生物兵器によるテロリスト攻撃の可能性のような、新しい、致命的な、接触感染性の病気が広がることに脅かされている。旅行者は、危険な病原菌を、意図的あるいは非意図的に広める可能性がある。銃、ナイフ、あるいは爆発物を検出するスクリーニング技術は、これら新しい生物学的な危険 (hazards) に対して、ほとんど価値がない。標準的な医学的診断技術は、多大な時間を必要とし、空港、通関港、出入国管理事務所、混雑したショッピングセンター、あるいはビジネスの現場では、不向きである。本発明は、発熱、体温の上昇の存在を特徴とする病気の大衆をスクリーンする能力を提供する。

20

## 【0003】

極端な温度差は、人体の温度調節系を乗り越えるかもしれない。高温多湿な条件下での激しい活動は、日射病を起す可能性があり、それは、中核体温の危険な上昇を特徴とする。極端な低温にさらされることは、低体温症を起す可能性があり、それは、中核体温の危険な減少である。本発明は、極端な周囲温度に曝されている人体の体温を、非侵襲かつ遠隔で、監視するアプローチを提供するものであり、その結果、医療行為がタイミング良く起こる。

## 【0004】

慢性消耗病 (CWD)、狂牛病、スクレイピーおよびウエスト・ナイル・ウイルスのような動物の病気は、全て体温調節の要素を外に表す。本発明は、これらの病気に対して、非侵襲で遠隔のスクリーニング処方計画の一環として価値がある。

30

## 【0005】

疾病対策センター (CDC) によれば、重症急性呼吸器症候群 (SARS) は、アジア、北アメリカおよびヨーロッパで最近報告されている呼吸器疾患である。概して、SARS は華氏 100.4 度 ( $> 38.0$ ) 以上の発熱で始まる。他の症状は、頭痛、全体に感じる不快症状、および体の痛みを含むかもしれない。一部の人は、軽い呼吸器の症状を経験する。2日~7日後、SARS の患者は、ひどい咳を出し、呼吸困難になる。10%~20% のケースでは、呼吸器疾患は、挿管や人工呼吸器を必要とするほど、ひどくなる。死亡率は、60歳未満で20%、60歳以上で40%と報告されている。

40

## 【0006】

SARS は、密接な人対人の接触によって、拡がるように見える。SARS の最も多くのケースは、呼吸器の分泌物のような伝染性の物質と直接、接触したか、あるいは、SARS の患者の介護をした人々を含んでいた。もし健康な個人が伝染した人、あるいは伝染性の粒子に汚染された物に触り、それから、順々に、健康な人の眼、鼻あるいは口に触るならば、SARS は、健康な人に伝染する。このことは、SARS にかかっている人が、すぐ近くに面している他の人々に向かって、咳をしたり、あるいは、くしゃみをしたりする時、容易に起こり得る。SARS は、空気を介して、あるいは未だ知られていない他の方法によって、より広範に広がるかもしれない。

50

## 【 0 0 0 7 】

疾病対策予防センターの所長であるDr.J.Gerberdingによれば、SARSウイルスは、瞬時に手のつけられない状態になり得る。新しいケースを検出し、接触伝染の期間が経過するまで、病院あるいは家庭でかれらを隔離する全ての方策を取ることが必要である。ワクチンを摂取することは非常に重要であるけれども、このウイルスは直ぐに撲滅されそうもない。

## 【 0 0 0 8 】

現在、新しいケースや、SARSをスクリーンする物を検出するために使用される基準は、以下のとおりである。すなわち、華氏 100 . 4 度 (38.0 ) 以上に上昇した体温、しつこい乾性咳、SARSの発生が知られた地域への旅行、あるいはSARSと知られた患者にさらされること。

10

## 【 0 0 0 9 】

華氏 100 . 4 度 (38.0 ) 以上に上昇した体温は、SARSの最も初期の指標であるので、疾病の伝播を制限し、そして、空港、通関港、出入国管理事務所、混雑したショッピングセンター、あるいはビジネスの現場のような公衆の場所で、大量スクリーニングによって潜在的SARSの者を識別するスクリーニングの手段として、臨床家や政府の指導者は、熱測定技術に関心を持っている。政府の多くのレベル(連邦、州、および地方)は、一般国民を保護するために、患者の隔離を要求する権限を持っている。

## 【 0 0 1 0 】

SARSに加えて、多くの他の病気あるいは状況では、指標として人体温度が変化する。加えて、多くの伝染性の病気、生物兵器と関連する状況、および日射病は、体温の増加を示す。被爆あるいは外科による低体温症は、体温の減少によって、実際に検出される。

20

## 【 0 0 1 1 】

大量スクリーニングが有利であると思われる付加的な病気の例には、天然痘のようなウイルス物質、エボラ出血熱、ラッサ熱、コンゴ熱、ウイルス性出血熱、腸チブス、髄膜炎菌感染症、結核、及び天然痘が含まれる。ペスト(plague)のような細菌性物質が検出される可能性がある。ブドウ球菌エンテロトキシンB、リシンおよびT-2マイコトキシンのような生物毒素のスクリーニングは、また、可能性がある。

## 【 0 0 1 2 】

体温測定の最近の診療式教授法の再検討では、現在の方法が、多くの人々を急いでスクリーニングするのに適している、とは見ていない。体温は、通常、口腔、直腸、腋窩、あるいは鼓膜の方法のいずれかによって測定される。口腔体温は、舌下に体温計を2~3分間、置くことによって、通常、華氏 98 . 6 度 ( 37 ) が得られる。直腸体温は、体温計を肛門内の少なくとも  $1 \frac{1}{2}$  インチ ( 3 . 75 cm ) のところで、3~5分間置くことによって、通常、口腔体温よりも華氏 0 . 5 から 1 . 0 度 ( 0 . 28 から 0 . 55 ) 高い体温が得られる。

30

## 【 0 0 1 3 】

腋窩体温は、腋窩に体温計を置き、体に腕をぴったりつけたままで、通常、口腔体温よりも華氏 0 . 5 度 ( 0 . 28 度 ) 低い体温が得られる。鼓膜温度は、三半規管中に置かれた赤外線装置によって得られ、通常、口腔体温に似ている。これら標準的な測定方法の各々は、測定値を得るために数分間を必要とし、および/あるいは患者と個人的に近く接触する - 接触感染性の大量スクリーニングには明らかに不利である。さらに、上記方法は、大量の汚染された体温計シース ( sheaths ) あるいは三半規管アダプタを必要とする。

40

## 【 発明の開示 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 1 4 】

体温測定の最近の診療式教授法は、SARSスクリーニング、臨床家、科学者に適しておらず、起業家はこの目的のために赤外線画像を使用しようとしている。基本的原理において、赤外線画像は、個々の患者あるいは多くの人々を、急速にそして遠隔で、熱的にスキャンできる。赤外線画像技術は、個々の測定で記録を取る最近の臨床式教授法に比して、ピ

50

デオレート（1秒につき30画像）で赤外線画像を得ることができる。赤外線画像は、また、使用される光学システムに基づいて、数フィート～数百フィート離れた距離で画像を得ることができる。そのようにして、潜在的な接触感染性の患者と密接な接触の不利を克服する。しかしながら、現在の状況で、体温を測定するために、赤外線画像の直接的応用は、重大な欠点がある。

#### 【0015】

赤外線画像技術によって、各患者に対する中核体温の測定値を得ることは望ましいけれども、この赤外線画像技術は、表面すなわち皮膚の温度の測定値のみを提供する。概して、皮膚温度は周囲温度、解剖学的位置、および循環環流により変化する。華氏98.6度(37)の一定の口腔体温で、周囲温度が、華氏90度(32.2)、70度(21.1)、及び55度(12.8)のそれぞれに対し、皮膚温度は、華氏96.0度(35.6)、91.0度(32.8)、86.5度(30.28)である。鼻、耳、ほぼ、前額部および眼のような解剖学的位置の皮膚温度は、華氏10度～15度(零下9.4～12.2)で変化する。心臓血管ダイナミクスしかも心理学的要因は、また、ほぼ、耳、あるいは鼻のような皮膚温度を変えることがある。

10

#### 【0016】

明白な(absolute)皮膚温度のばらつきに加えて、現在、使われている赤外線画像システムの多くは、体温測定に不相当である明白な熱的許容誤差を有している。多くの赤外線画像システムは、+/-2(華氏+/-3.6度)の許容誤差を有する。そのような許容誤差を有する、華氏98.6度(37)の口腔体温に対応する華氏91.0度(32.8)(周囲温度、華氏70度(21.1))の皮膚温度は、華氏87.4度(30.8)ないし94.6度(34.8)の皮膚温度として記録することができ、また、カメラの許容誤差の範囲内である。

20

#### 【0017】

この赤外線画像技術は、短時間に遠隔で、獲得した皮膚温度を提供するけれども、これらの皮膚温度は、温度測定値の正確さにかかわらず、中核体温に正確に関連する温度測定値を提供することができない。中核体温への関連なしで、測定値は臨床的意味がない。その値は、特定の時間と場所での、類似の環境、主観的な、骨折りの状況を経験した個人のグループに関して、より高い(又は、より低い)皮膚温度を持っている個人の識別に限定される。

30

#### 【0018】

さらに、赤外線画像システムのいくつかの製造者は、画像平均化技術、皮膚温度が上昇した人物の検出のための警報、警報状況での色強調技術および「付属品」の範疇に入る他の特徴を付加していた。これらの特徴は、正確な中核体温の測定値に基づく時、有効であることを証明するかもしれないが、それらが、不正確、又は、相対的な値に基づく時、邪魔な警報になる。

#### 【0019】

中核体温を短時間で、遠隔で、かつ正確に測定することが必要である。望まれる技術は、現在の臨床技術によって示される体温の測定技術と結びついた、現在の赤外線画像技術の短時間で、遠隔のスクリーニング特性を示すべきである。そのような組合せで、多くの人は、中核体温の上昇を正確にスクリーニングされ、適切に処置され、あるいは隔離される。本発明は、これらの目標に対処するものである。

40

#### 【0020】

##### 発明の要約

本発明は、短時間に、非侵襲でかつ遠隔で、中核体温の正確な測定値を得るための方法を提供する。これは、赤外線画像によって、温血の被検体、人間あるいは動物の中核体温を、非侵襲かつ遠隔で検出する方法を方向づけるものである。本発明は、物理的に好ましい場所から、正確な皮膚温度データを獲得する赤外線画像技術を使用し、それからこれらのデータを、熱的モデルおよびアルゴリズムによって診療上、意義のある中核体温に変換する。

50

## 【0021】

本発明は、中核体温の変化によって特徴付けられる病気又は他の状況のために、非侵襲で、遠隔で、かつ正確に選り分ける（スクリーニング）能力を提供する。例えば、本発明の一つの代表的な適用は、重症急性呼吸器症候群（SARS）が、通常、初期症状として発熱を示すので、重症急性呼吸器症候群（SARS）を遠隔でスクリーニングする。

## 【0022】

ここまでは、SARSが言及されたが、本発明は、指標として、中核体温の変化がある多くの病気又は状況に対し、スクリーニングツールとして有効である。人間や動物の中核体温に影響する他の病気や状況は、また、本発明により、非侵襲でかつ遠隔で検出することが可能である。生物兵器によってもたらせる多くの他の伝染性病気や状況は、体温の増加によって検出することもできる。

10

## 【0023】

被爆や外科処置による低体温症は、中核体温の減少によって正確に検出できる。大量スクリーニングが有利な、さらなる病気の例は、天然痘のようなウイルス性病原体、エボラ出血熱、ラッサ熱、コンゴ熱、ウイルス性出血熱、腸チブス、髄膜炎菌感染症、結核、及び天然痘を含む。ペストのような細菌性病原体が検出される可能性がある。ブドウ球菌エンテロトキシン、リシンおよびT-2マイコトキシンのような生物毒素のスクリーニングは、可能性がある。

## 【0024】

本発明は、また、高温下でのような、日射病の人をスクリーニングするのに有効である。スポーツ選手、兵士、州見本市来場者、あるいは農業労働者のような、さまざまなグループの個人は、本発明による日射病のモニタリングをする候補である。

20

## 【0025】

動物や獣医の必要性は、また、本発明のために存在する。現在、発熱あるいは低体温症の動物のスクリーニングは、直接、非侵襲測定技術を必要とする。動物の中核体温の変化を遠隔で、かつ非侵襲で、選り分ける能力は、捕獲や鎮静剤が不要なので、動物に、より安全である。非侵襲で、遠隔モニタリング手段で、直接的な接触あるいは事象の捕捉を置きかえることによって、獣医あるいはマネージャに、安全、便利で、経済的に利用可能とする。

## 【0026】

温度情報を導き出すための赤外線技術の使用は、多くの実際上の利点がある。一例として、赤外線画像データは、リアルタイムでデジタル信号処理技術によって、処理することが可能である。そのようにして、瞬時の診断が利用でき、その結果、医療関係者は、対象者をただちに処置あるいは隔離できる。

30

## 【0027】

他の例として、赤外線画像装置は、光学システムによってのみ、ある距離を置いて、遠隔操作される。この距離は、2フィートから数百フィートのどこかであり、SARSのような病気あるいは状況が、接触伝染性で危険である場合に、医療関係者に安全をもたらす。

## 【0028】

温度データの正確さは、1以上のデータ収集及びマネージメント技術を、単独であるいは組合せて使用することによって改善される。例えば、正確度の改善は、フレーム内の参考温度、フレーム外の参考温度、あるいは高温精度を有する赤外線カメラの使用を介して、得ることができる。好ましい実施形態では、1画像フレーム内で好ましい3種類の温度、すなわち、第1および第2の、かっこで囲まれた概略予想皮膚温度の参考温度、それから第3の周囲参考温度が提供される。

40

## 【0029】

正確度は、また、温度の見本を取り、それから、中核体温を導き出す好ましい測定箇所を、生理的に特定することによって改善される。そのような好ましい箇所は、眼や前額部の周囲の領域を含み、その箇所は、耳、ほほ、あるいは鼻のような、より周辺よりも熱的に安定性を示す。好ましくは、赤外線画像分析は、重要な解剖学的対象に十分な数のピク

50

セルを、位置付けることを可能にする。

【0030】

フレーム内の参考温度、具体的な解剖学的目標領域および生理学的熱伝達（移動）モデルの使用により、本発明は、生理学的スクリーニングに適用される赤外線画像技術に固有の落とし穴を克服することを可能にする。さらに、本発明は、赤外線画像から中核体温を導き出す、容易な手順を提供する。一例として、本発明は、計算された中核体温を、フレーム毎に、周囲温度、皮膚温度および湿度のような、パラメータの変化を補償する、好ましい熱的モデルを提供する。

【0031】

口腔、腋窩、直腸、あるいは鼓膜の体温を感知する中核体温を計算する較正方法が使用されてもよい。また、画像処理方法が使用されて、画像データの分解能が増加し、画像の端部が補正され（もし、必要ならば）、画像ノイズを減少するためにローパスフィルタが使用され、及び領域平均化（平均値、中央値、重み付け等）が測定値の安定性を最適化するために使用されてよい。

【課題を解決するための手段】

【0032】

ある観点では、本発明は、被検体の中核体温情報を提供する赤外線画像システムに関する。このシステムは、被検体が装置の視野内にある時、被検体の赤外線画像データを得る赤外線画像装置を含む。このシステムは、また、赤外線画像データを用いて被検体の中核体温を導き出すプログラム命令を含む。

【0033】

他の観点では、本発明は、被検体の中核体温を遠隔で決定する方法に関する。赤外線画像データは、被検体の少なくとも一部分から得られる。被検体の中核体温は、赤外線画像データを使用して導き出される。

【0034】

他の観点では、本発明は、SARSをスクリーニングする方法に関する。被検体の少なくとも一部分の赤外線画像データが得られる。被検体の中核体温は、赤外線画像データに基づいて決定される。決定された中核体温は、被検体がSARSであるかどうかを評価するために使用される。

【0035】

他の観点では、本発明は、健康状態をスクリーニングする方法に関する。被検体の少なくとも一部分の赤外線画像が得られる。被検体の中核体温が赤外線画像データに基づいて決定される。決定された中核体温は、被検体の健康状態を評価するために使用される。健康状態には、SARS、天然痘、バイオテロリズムに関連する健康状態、日射病、低体温症、慢性消耗病、狂牛病、スクレイピー、ウエスト・ナイル・ウイルス等を含む。

【0036】

他の観点では、本発明は、被検体の中核体温を決定する方法に関する。対象となる被検体の、眼の領域の赤外線画像が得られる。被検体の中核体温は、眼の領域に関連する赤外線画像に基づいて決定される。

【0037】

他の観点では、本発明は、被検体の中核体温を決定する方法に関する。対象となる被検体の、前額部の領域の赤外線画像が得られる。被検体の中核体温は、前額部の領域に関連する赤外線画像に基づいて決定される。

【0038】

他の観点では、本発明は、異常な中核体温の対象者をスクリーニングする方法に関する。少なくとも、対象者の一表面の温度は、遠隔で得られる。対象者の中核体温は、対象者の少なくとも一表面の温度から決定される。

【0039】

他の観点では、本発明は、対象者の中核体温を決定する方法に関する。被検体および周囲温度と関連する表面の赤外線画像が、同時に得られる。対象者の中核体温は、同時に得

10

20

30

40

50

られた表面および周囲温度の赤外線画像から導き出される。

【0040】

他の観点では、本発明は、動物の中核体温を検出する方法に関する。動物の中核体温は、赤外線画像を使用して決定される。動物の健康状態は、決定される中核体温に基づいて評価される。

【0041】

本発明の上述の、および他の長所についての理解、それらを得る方法、および発明自体は、添付の図面とともに理解される発明の例示的实施形態の、以下の記述を参照することにより容易にできる。

【0042】

#### 詳細な説明

以下に記載された本発明の実施形態は、以下の詳細な記載で開示された明らかな形式に、発明を制限する、あるいは網羅するものではない。むしろ、選ばれ、記載された実施形態の目的は、本発明の原理及び実施について当業者による認識および理解を、容易にするものである。

【0043】

まとめていえば、本発明は1以上の被検体について赤外線画像を獲得することを含み、赤外線画像データを用いて被検体についての温度情報を引き出すことである。赤外線画像データの獲得は適切な装置を使用することを含み、また、選択的に、獲得したデータの正確さを増加する助けとなる適切な参考温度情報の使用を含む。中核体温情報を導くことは、1以上のデータ補正(参考温度データのような)、画像処理、所望の温度情報から引き出される画像の認識領域、および適切な熱的モデルを使用して所望の温度情報を引き出すことを含んでよい。導き出された温度情報には、多くの有効な用途がある。本発明のこれらの特徴は、より詳細に記載されている。

【0044】

赤外線画像データは、概して、赤外線カメラ(サーマルカメラ thermal camera)のような、デジタル赤外線画像キャプチャ(capture)装置を使用して得ることができる。これまで、サーマルカメラは、大きく、高価であった。それらは、典型的には、フィルム・カメラ・アタッチメントによってのみ、説明書のついたアナログ表示を提供した。熱検出器は、低い操作温度とするために液体窒素を必要とした。大型で、重いバッテリーパックにより、可搬性は制限を受けた。これらの古い、熱的、赤外線カメラの価格は、50,000ドルから60,000ドルであった。

【0045】

最近の半導体の発展は、携帯型の、特大の、35mmフィルムカメラ程度の、デジタル赤外線画像カメラを提供する。それらは、高価な、冷却システムなしで、室温で動作する。そのような、半導体を使用し、冷却されない、デジタル赤外線カメラの例は、インフラッドソリューションズ インコーポレーテッドから、アイアールスナップショット(IR SnapShot 登録商標)の表示で、商業的に利用可能である。このカメラは、ハネウエル インフラッド(IR) サーモエレクトリック サーマル アレイ ディテクタ テクノロジーに基づいている。それは、1シーンの赤外線画像を得て、そのシーン内のピクセルの温度を決定できる赤外線カメラであることを意味する、イメージングラジオメータである。

【0046】

電子ボタンを押すと、120素子のリニア・サーモエレクトリック・ディテクタ・アレイは約1.6秒内でゲルマニウムIRレンズの焦点面をスキャンする。カメラのソフトウェアは、カメラ内のフラッシュメモリカードで、赤外線画像の120×120ピクセルを記憶する。カメラは、また、画像を記憶あるいは後処理のために、ラップトップあるいはデスクトップコンピュータにダウンロードできる。修正された赤外線画像は、カメラのカラーLCDディスプレイあるいはコンピュータディスプレイのいずれかに、多くのカラーマップで、表示可能である。最近の赤外線画像カメラである前記IRスナップショットの価格は、

10

20

30

40

50

約13,400ドルである。

【0047】

また、ビデオレートで動作するラジオメトリックIRカメラは、利用可能になる。このカメラは、30フレーム/秒のビデオレートで、補正された赤外線画像を、より早く提供する。典型的には、上記赤外線画像は、リアルタイムで、フリーズフレーム能力を持ったビデオレートで、見ることができる。人は、記録し、ダウンロードし、選択したフレームを処理できる。

【0048】

ラジオメトリックカメラからの赤外線画像（静止又はビデオ）は、熱的解析および処理のため、多くの温度情報を提供する。上記データは、各要素が赤外線画像内のピクセルに相応する温度のマトリックスとして表わされる。これらのピクセルは、対象物の画像が試験動物又は患者である時、解剖学的特徴の温度を測定するために順に使用できる。画像処理技術として、その他のマトリックスとともに温度マトリックスに使用されてよい。

【0049】

好ましくは、赤外線画像データは、正確に調整されているデータである1以上の参考温度を使用して得られる。そのような基準値は、フレーム外（例 カメラに組み込まれている）、又はフレーム内（例 得られた画像のフレーム内にある）であってもよい。例えば、計算された中核体温 $T_0$ の正確度は、皮膚温度の測定値の正確度と、皮膚表面に近い周囲温度の測定値の正確度との、双方に依存する。本発明に必須ではないけれども、本発明の好ましい実施形態は、赤外線画像データの正確度および引き続くそのデータからの温度情報の導出を増加させるために、2あるいは3のフレーム内参考温度を使用することを含む。

【0050】

図1乃至5は、赤外線画像装置（未図示）の視野のフレーム18を概略、示している。フレーム18は、赤外線画像を得る必要がある被検体20と、フレーム内の参考温度システム10を含んでいる。参考温度（temperature reference）システム10は、複数の黒体温度リファレンス12および14を含む。選択的に、3つのリファレンス（参考値）16が周囲参考温度を提供する目的で、フレーム18内に組み込まれてもよい。皮膚温度の高い正確度は、赤外線画像カメラ（未図示）の視野内に二つの温度、赤外黒体リファレンス12と14を提供することによって、達成される。ここで留意すべきは、参考温度（温度リファレンス）12および14は、ハウジング22内に位置付けられ、チャンネル24および25により見えることである。温度リファレンス12および14は、デジタル画像処理レベルで、各画像の正確な較正を行うのに役立つ。

【0051】

好ましくは、一つの黒体リファレンス12は、被検体20の予想される最小皮膚温度以下の第1の温度であり、他のリファレンス14は、被検体20の予想された最大皮膚温度以上の第2の温度である。これは、例えば、二つの温度リファレンス間の線形較正を可能にする。ヒータ（最もコスト効率がよい）を使用する黒体リファレンス12および14の実施形態に対し、この参考温度は、好ましくは、周囲温度以上である。もし、周囲温度が、著しく通常の室内温度の華氏70度（ $21.1$ ）以上であれば、二つの参考温度は、皮膚温度又は皮膚温度以上である必要がある。

【0052】

図9と関連して以下に記載される熱移動モデルは、また、正確な周囲温度入力を要求される。したがって、周囲温度リファレンス16、例えば、薄板、熱電対、あるいはRTDは、黒体リファレンス12および14の近くに配置され、その結果、リファレンス16は、黒体リファレンス12および14に沿ったフレームに現れる。示されるように、リファレンス16は、熱絶縁サポート17上でハウジング22の外側に支持される。このやり方は、画像フレーム内の周囲参考温度と、目標物に非常に近い周囲温度の測定値とを提供し、それによって、カメラと目標物間の周囲温度の差による温度エラーをさける。

【0053】

イメージ内の周囲参考温度の使用が、やり方に好ましいけれども、他のやり方が使用されてもよい。例えば、周囲温度プローブがカメラに設置されてもよい。温度信号のデジタル化が要求されるけれども、このやり方は、連続的に周囲温度を熱移動モデル方程式に供給する必要がある。そのような温度プローブのタイムレスポンスは、好ましくは十分早く、周囲温度の変化を正確に探知することである。

【 0 0 5 4 】

図3乃至5は、温度システム10をより詳細に示している。赤外線、黒体リファレンス12及び14は、それ自体加熱要素26及び28、フィードバック温度センサ30及び32、そして、コントローラ34及び36をそれぞれ有している。絶縁部38は、熱的干渉を最小にするために、一方の黒体リファレンス12を他方の黒体リファレンス14から熱的に絶縁するのに役立つ。リファレンス12および14は、それぞれ表面15および17を有し、 $1(1.00)$ に近い放射率で反射を避けることが可能である。チャンネル24および25は、先細の円筒状の形である。チャンネル24および25は、ソースに入り、赤外線カメラレンズの方向に反射されるバックグラウンド赤外エネルギーの量を、かなり減少する。コントローラ34および36は、所望の、所定の参考温度で、リファレンス12および14の表面温度を維持するのに役立つ。この方法で、二つのこのような温度リファレンスは、IRカメラ単独で達成するよりも、より厳しい許容誤差で赤外線画像を校正するために使用可能である。ハウジング22は、陽極酸化で黒化された、アルミニウムブロックから形成できる。

【 0 0 5 5 】

図1乃至5の参考温度のやり方は、皮膚温度の測定値の絶対的正確度を改善しそうであるけれども、多くの皮膚領域間の温度差を解決するものではないし、周囲温度の変化で皮膚温度の変化に対応するものでもない。皮膚温度間の温度差に対応する観点および周囲温度の影響力は、以下にさらに述べられている。

【 0 0 5 6 】

図1乃至5は、二つの相異なる参考温度で、二つの独立した黒体リファレンス12および14のセットを使用する参考温度のやり方を示している。第二のやり方は、異なる放射値を有する表面に接続された単一の温度源を含んでもよい。この代りの方法は、二つのユニットから一つのユニットへ電氣的制御の必要性を単純化し、異なる温度に維持されるリファレンス間の絶縁の必要性を避ける。

【 0 0 5 7 】

この代りのやり方は、図6乃至8の温度システム50によって示される。システム50は、ハウジング56内に収容される温度リファレンス52および54を含む。リファレンス52および54は、図7に最もよく示されるように、赤外線画像カメラから、それぞれ見得る表面58および60を有する。これら表面の一つ、例えば表面58は、より高い放射率  $\epsilon_{hi}$  を有し、好ましくは  $1(1.00)$  に近い。他の表面、例えば表面60は、より低い放射率  $\epsilon_{low}$  である。

【 0 0 5 8 】

表面60が1未満の放射率を有する時、基準表面60の放射率は100%以下である。このように、赤外線カメラ(未図示)は、低レベルの赤外線エネルギーを検出する。このカメラは、低レベルのIRエネルギーを低い温度として読み取る。もし、二つのリファレンスの表面の放射率が、しっかりと制御されるならば、二つの明らかに異なる参考温度は、一様な温度で維持されるブロックから得られてもよい。明らかに低い温度リファレンスで、最も反射されるIRエネルギーは、有効に捕らえられ、カメラに反射されない。これは、リファレンスが可視である先細のチャンネルによりなされる。この適用に際し、このアプローチの第1の利点は、上記ブロックが周囲温度より高い温度で、かつ、上昇した所定の皮膚温度以上で制御でき、一方、より低い参考温度は、実際は、周囲温度以下である。これは、独立した黒体源で容易に達成されないような特徴である。

【 0 0 5 9 】

先細のチャンネル59および61は、リファレンス52および54を利用して見えるよう

10

20

30

40

50

にする。ハウジング56は、陽極酸化して黒化したアルミニウムブロックから形成してもよい。単一のヒータ要素、フィードバック温度センサ64、およびコントローラ66が、使用される。二つのリファレンスは、同じ温度で制御されるので、その間に絶縁は必要とされない。異なる放射率を有する表面を使用することによって、温度の明らかな相違が達成される。

#### 【0060】

周囲温度リファレンス68は、ハウジング56近くに置かれる。説明の目的で、周囲温度リファレンス68は、熱的な絶縁支持体70によってハウジング56に取り付けられる。この特定の実施形態において、周囲リファレンスは、陽極酸化された黒い表面を有する薄い、陽極酸化されたアルミニウムブロックの円板でもよい。そのような円板は、周囲温度を急速に得ようとする。黒い表面（赤外線に関して）は、反射エネルギーを最小にするのに有効である。二つの温度リファレンス52および54に対して、ハウジング56の下にある周囲温度リファレンス68の位置は、意図的である。

10

#### 【0061】

絶縁支持体70上の加熱ハウジング56の下に周囲温度リファレンス68を置くことによって、周囲温度リファレンス68は、ハウジング56内の温度上昇による、伝導あるいは伝達による意図的でない加熱から断熱される。示されるように、周囲温度リファレンス68は、収容されず、他のリファレンスに示されると同様に、先細チャンネルのようなチャンネルを介して見得る。オプションとして、周囲温度リファレンス68が収納でき、所望の、例えば、付加的な反射エネルギーの除去のための、先細のチャンネルを介して見得る。

20

#### 【0062】

システム50の利点は、数多くある。1個のヒータ要素62、フィードバック温度センサ64及びコントローラ66のみが、必要とされる。二つのリファレンス52と54は、同じ温度に制御されるので、それらの間に絶縁は必要でない。低い温度リファレンス（このケースでは、リファレンス52か54のいずれか）は、周囲温度以下であり、一方、高い温度リファレンスは予期された皮膚温度以上である。これまで、この説明は、二つの収容されたリファレンスの表面を備えるリファレンスシステムを説明してきたが、異なる数の温度リファレンスが、各温度リファレンスが異なる表面放射率を有することと関連して、使用されてもよいことは理解されるであろう。

#### 【0063】

本発明の上記記載は、フレーム内に温度リファレンスを含んでいるが、これらのリファレンスは、赤外線画像ハードウェアがそれ自身十分な正確度を有しない時にのみ、望ましいということに、留意されるべきである。赤外線画像装置が、華氏0.1度乃至0.5度（0.28 乃至0.55）（あるいは、それ以上）の範囲で、絶対表面温度の誤差の正確度のレベルを有する時、その時は、フレーム内の温度リファレンスは省略されてよい。

30

#### 【0064】

温度プローブは、また、示されるような周囲リファレンスの場所で使用される。しかしながら、そのような温度プローブは、データの取得、タイミング調整、および較正手順を複雑にする。正確度と単純さは、あらゆるイメージで3つの較正レベルを有することによって由来する。

40

#### 【0065】

図3～5に示された独立のリファレンス又は、図6～8の異なる放射率表面のような、本発明のフレーム内の温度リファレンスは、カメラシステムの付加的な制御なしで、正確に維持される固定温度で維持され得る。そのような固定されたリファレンスは、周期的に較正され、標準として使用される。

#### 【0066】

固定された基準の標準温度を使用する代りは、カメラシステムにフィードバックする可変リファレンスである。そのような可変リファレンスは、プログラム制御されている。多くの温度セットの組合せ、プログラム可能であること、しかもテレメトリが使用し得ることが理解されるであろう。

50

## 【0067】

温度情報は、赤外線画像データから直接に導き出される。より好ましくは、最初、赤外線画像データは、温度の導出を容易にするため、1以上の方法で操作される。操作例は、データ較正、表面の放射率に対する測定温度の補正、画像処理（分解能増強のような）、および温度情報から導かれる画像の目標領域の識別を含む。例えば、以下の考察は、赤外線画像データから中核体温を導き出すことが望ましい時、眼あるいは前額部を目標とすることが有用である理由が説明されている。

## 【0068】

本発明に従う赤外線画像データから中核体温を導くための好ましい測定箇所には、極小血管に作用するレスポンス、中核体温への高い熱的結合、及び目だった場所は使えない。理想的な表面は、実行上、ないけれども、よりよい目標は、受け入れることができるトレードオフおよび妥協案を提供する。

10

## 【0069】

極小血管での効果をともなう目標領域を選択することは、大変望ましい。生体内で、熱移動は、血液循環あるいは組織内かん流と、硬く結びついている。循環による熱移動は、伝導によるよりも100倍以上、重要である。これは、本発明にとって長所と短所の双方がある。積極的には、これは、離れた領域がかなり血液供給をする限り、中核から離れているところにある人体の領域は、コア体温であるか、又は、少なくともしっかりと中核体温に結びついている。否定的には、血管の収縮又は膨張による循環の変化は、所定の領域の熱的特性を変える。これら基準に基づいて、好ましい測定箇所は、人工的な収縮又は拡張の最小神経学的制御で適切なかん流があるところである。

20

## 【0070】

よりよい目標領域は、また、中核体温と高い熱的結合をする。前述のように、生体内の熱移動と関連する一つの重要な要素は、血液循環である。距離的に離れている解剖学的な箇所、しかし、双方が非常によく、かん流する箇所は、同じ温度を示しそうであり、温度変化も似そうである。他の熱的一様性は、心室、膀胱内の尿、脊髄や脳内の脳脊髄液、および眼内の硝子体液のような、生体内の特殊液の容積を介する熱伝導により存在しそうである。これらの液量は、液内の熱伝導により、および循環システムに接近して、一様な温度を維持しそうである。

## 【0071】

有効な測定箇所に対する実際的な要求は、表面領域が突き出し、モニタリングに容易に利用しやすいことである。膀胱の温度は、膀胱の表面の周囲で同様であるけれども、そのような内部器官は、通常のスクリーニング条件の下で、赤外線画像には向いていない。通常、衣服によって覆われている人体領域は、また、スクリーニングの適用に対して好ましくない。耳の鼓膜は、温度の赤外検査の有効な測定箇所であると見られたけれども、三半規管内からのデータ取得によって生じる密接な人体接触は、多数の患者スクリーニングには不利であり、特に、もし、病気が、接触感染性が強く、致命的であれば不利である。

30

## 【0072】

測定箇所の選択のための他の実際的な検討事項は、表面の熱的制御である。手洗い、握手、あるいは温冷飲料を運ぶことのような通常の活動は、患者の中核体温に無関係である熱の変化を、手のような、ある箇所に受けさせる。厚化粧は、頬や唇の熱的特性を変えるかもしれない。

40

## 【0073】

したがって、人体の二つの領域、すなわち、眼の領域と前額部が、この発明に適した表面温度の取得目的の候補として好ましい。前額部領域は、大量のスキャンの適用に最も有利であり、一方、眼の温度は付加的な選択である。

## 【0074】

前額部は、本発明の目的部位の皮膚領域として非常によい。前額部は脳に近接しており、最も高く、人体内で非常に重要な、熱的制御を示す器官である。頭部の前額部および頭皮は、冷たい周囲状況で極小血管の収縮作用をする。これは、頭部が冷たい状況で、実質

50

的な熱量を失うためである。突き出している前額部は、また、実際的な観点から興味をそそらせる。前額部は、都合よく取り外されることができない衣類によって、めったに妨げられない。前額部は、また、他の表面領域より化粧あるいは宝石類で飾られることが少ない。

【0075】

眼の領域が、好ましくはまた、熱的表面温度の目標に使用されてよい。まぶたと瞬きの反応は、角膜表面上の完全な、一様な水分量を維持し、それによって角膜表面の熱的特性を制御する。眼内の液体量（ガラス質の体液）は、角膜の熱的特性を安定させ、また、頭部と脳の内部領域へ熱伝導をする。実際には、過度の眼化粧に関係し、また、コンタクトレンズは、測定精度に影響する。さらに、メガネは眼の測定前にはずされなければならない。しかし、イスラム教のベールのような、前額部を覆い隠すような文化の衣装は、眼のスキャンを禁止する必要はない。

10

【0076】

画像の較正と処理は、赤外線画像から温度情報を導き出す前が望ましい。多くの画像処理技術が、この発明の実行に役立ち、また、それらは当業者に公知である。個人で、又は、グループ内で、頭の自然の形状は、前額部と眼の領域を自動的に位置付けるために使用できる。しばしば、眼は顔のイメージ内で、最も高い温度の存在と関連している。

【0077】

赤外線カメラで正確な熱的測定値を得るために、分解能の作用に注意することが望ましい。標準ではない、1画像内に100万乃至500万のピクセルを持つ可視スペクトラムカメラで、赤外技術は、多分、120×120（14,400）ピクセルの画像を提供する。赤外線の観点からはすばらしいが、写真の分解能と比較するとそれほどでない。大きな目標物に対する赤外線画像の分解能は、ほとんど取るに足りない。しかし、このプロジェクトでの眼のような、小さな目的物あるいは面積が狭い顔の造作に対して、分解能の効果を考慮することが必要である。分解能増強プログラムは、アルゴリズムの選択性および平均的能力を改善するために有用である。画像フィルタリングは、熱的ノイズを減少し、端部を強調し、あるいは顔の特色の識別をするために使用される。ピーク値、平均値あるいは中央値のような温度の種々の計算は、経験的に、信頼性を改善するために決定される。

20

【0078】

例えば、画像分解能は、1次元又は2次元のスプラインが赤外線画像に適合するような、画像補間法を適用することによって増強される。特別な処理ルーチンを使用すると、赤外線画像の分解能は、120×120ピクセルから953×953ピクセルに増加できる。これは、1画像内で14,400ポイントから908,209ポイントへ、温度ポイントの数を増加させる。

30

【0079】

赤外放射率は、表面から赤外線を放射する効率の指標である。完全な放熱体は、1（1.00）の放射率の値を有する。磨かれた金属表面のような、非常に反射する表面は、0.10以下の放射率の値である。人間の皮膚は、約0.96の放射率を有する。表面の実際の放射特性を使用して、測定された表面温度は、以下に示すような式によって補正された表面温度測定値に変換される。

【0080】

40

【数1】

$$T_{K2} = \left( \left( \frac{1}{\varepsilon_2} \right) \left( - (1 - \varepsilon_2) T_{bK}^4 + T_{K1}^4 \right) \right)^{0.25} \quad (1)$$

ここで、 $T_{K1}$  はケルビン（Kelvin）温度での表面温度測定値であり、 $T_{bK}$  はケルビン温度での周囲温度あるいは背景温度であり、 $\varepsilon_2$  は実際の表面放射率であり、 $T_{K2}$  は

50

補正された放射率に対する表面温度である。全ての計算は、絶対温度ケルビンの単位で導かれることに、注意することが重要である。補正された表面温度測定値は、それから、中核体温のような、目的物の他の温度情報を導き出すのに使用される。

【0081】

上述したフレーム内の温度リファレンスのように、好ましくは複数の温度リファレンスの使用は、各画像に対して皮膚又は表面温度測定値を正確に補正することを可能にする。例となる補正式は以下に示される。

$$T_{\text{scorr}} = m_1 T_s + C_1 \quad (2)$$

ここで、 $T_{\text{scorr}}$ は補正された表面温度であり、 $m_1$ は赤外線画像カメラにより測定されるような表面の温度と、基準表面の実際の温度から導かれる補正式の傾きであり、 $T_s$ は補正前および随意には表面放射率補正後の、赤外線カメラからの目標領域の表面温度であり、 $C_1$ は基準表面の実際の温度、及び赤外線画像カメラによって測定されるような、それら表面の温度から導かれる補正式の補正值あるいは $y$ 切片である。

【0082】

例として、補正されていないIRカメラの表面温度 $T_s$ が、華氏85.6度(29.8)、92.4度(33.6)に対して、補正後の温度 $T_{\text{scorr}}$ がそれぞれ華氏88.0度(31.1)、95.0度(35.0)であるとすると、この誤差に対する補正式は、以下のとおりである。

$$T_{\text{scorr}} = 1.02 T_s + 0.72 \quad (3)$$

【0083】

前述のように、計算された中核体温測定値 $T_0$ の正確さは、いくぶん、周囲温度の測定値の正確さに依存する。式(4)に示すように、中核体温 $T_0$ は、表面温度 $T_s$ および周囲温度 $T_a$ 双方の関数である。この理由のため、本発明は、好ましくは各画像で周囲温度リファレンスを使用する。例えば、IRカメラにより測定されるように、周囲温度の正確さは、表面放射率およびフレームリファレンスについての補正值によって改善される。結局、より大きな周囲温度の正確さが望まれるか、必要とされ、複数の放射率表面を使用する複数の温度リファレンスは、より低い温度リファレンスを提供するために広げられる。これら付加的なリファレンスは、予想される周囲温度に近いものである。

【0084】

温度情報は、補正、較正、増強、あるいは他の所望の修正されたような、赤外線画像データから容易に導き出される。単純な熱移動モデル100が、図9に関して記載されている。このモデル100は、赤外線画像からの表面皮膚温度 $T_{\text{skin}}$ および周囲温度 $T_{\text{ambien}}$ を知ることによって中核体温 $T_{\text{core}}$ の計算を可能にする。熱的抵抗 $R_1$ は、動脈、細動脈、および人体の中核体温と赤外線カメラに可視の皮膚表面との間の皮膚に起因する熱的抵抗を示す。皮膚表面と周囲空気との間の熱的抵抗は、 $R_2$ によって示されている。皮膚温度は、周囲あるいは周囲温度での変化で変わることが知られている。周囲温度を入れることによって、このモデルは、混同させる皮膚温度の変化を臨床的に中核体温に役立てることを可能にする。

【0085】

状況に応じて、図9に示されるモデル100は、熱的質量を考慮に入れて、中核および皮膚のノードで付加的なキャパシタンスを増加する。人体内の熱移動は、しっかりと循環に関連しているので、選択された皮膚領域への動脈および静脈の血流は、より複雑な、熱力学的モデルに含まれるかもしれない。このモデルは、また、皮膚表面と周囲空気との間の熱的抵抗を変化させる湿度の変化を考慮に入れて修正されてよい。

【0086】

図9を使うと、周囲および皮膚温度から中核体温を計算される公式は、以下の式によって与えられる。

$$T_0 = [(T_s - T_a) / K_1] + T_a \quad (4)$$

ここで $T_0$ は中核体温、 $T_s$ は選択領域内の表面皮膚温度(放射率に対して補正および/あるいは較正されている)、 $T_a$ は周囲温度、 $K_1$ は以下に示す抵抗の比である。

$$K_1 = R_2 / (R_1 + R_2) \quad (5)$$

ここで、 $R_1$  および  $R_2$  は、前に定義されている。

【0087】

$K_1$  は実験的に以下のように定義される。

$$K_1 = (T_S - T_A) / (T_0 - T_A) \quad (6)$$

ここで上記変数は、式(4)で定義されている。 $K_1$ の正確さは、中核体温と皮膚温度の領域にわたって、式(6)の適用を平均することによって増加する。 $K_1$ に対する値は、実験的に $T_0$ 、 $T_S$ および $T_A$ の測定値から決定される。

【0088】

中核体温 $T_0$ は、口腔、腋窩、直腸、鼓膜の測定によって得られるので、補正定数 $K_1$ は、上記測定値が最終的に比較される物理的「中核体温」の変化である、中核体温の測定方法にしたがって変化することに、留意されるべきである。中核体温は、口腔、腋窩、直腸、鼓膜の方法のような、低侵襲的手段によって、通常、測定される。侵襲的技術は、循環系の中、種々の箇所動脈温度や静脈温度を生じる。「中核体温」は、しばしば特異値と考えられているけれども、人体は、その温度調節系により設定される制限内で、体温の一定の変化セットで実際に機能している。例えば、直腸体温は、典型的には口腔体温より華氏0.5度ないし1.0度(0.28ないし0.55)高く記録され、1~2時間単位で口腔体温の変化より遅れる。心臓からの血液で満たされた動脈温度は、典型的には、人体のより冷えた周辺部位から戻る血液を含む静脈温度より高い。

【0089】

式(6)は、 $T_0$ 、 $T_S$ 、 $T_A$ の関数のみである $K_1$ を示しているが、 $K_1$ の実験的決定は、この発明が、湿度のような他の変数の導入を含むことを想像させる。式(6)は、低い、あるいは中ぐらいの領域の湿度に対して有効であろうと予想されるが、しかし、湿度が増加する時、熱的抵抗 $R_2$ が少なくとも部分的に湿度に依存するので、 $K_1$ の値は変化しそうである。 $K_1$ は、また、中核から皮膚への熱の移動を制御する血液循環の変化を考慮に入れて、実験的に修正できる。

【0090】

一般的な補正式は、以下のとおりである。

$$T_0 = [(T_S - T_A) / K_1] + T_A + T_{\text{offset}} \quad (7)$$

ここで $T_0$ は中核体温、 $T_S$ は赤外線画像領域によって得られた表面皮膚温度、 $T_A$ は周囲温度、 $K_1$ は実験的に補正定数によって決定され、 $T_{\text{offset}}$ は赤外線画像システムに本来ある、何らかのオフセットエラーを考慮するオフセット項である。理想的には、 $T_{\text{offset}}$ の値はゼロである。

【0091】

中核体温を導くことに関して、周囲温度の影響力が占める重要性は、次式および図10と図11に示される。次式は、前述のように定義した変数 $T_S$ に対する式(4)を解くことによって導き出される。

$$T_S = K_1 (T_0 - T_A) + T_A \quad (8)$$

この式から、健康な人の皮膚温度は、周囲温度で変化するということが直感的に明らかである。中核体温は、華氏98.6度(37)で一定に維持されているけれども、皮膚温度は異なる周囲温度に対して、はっきりと違うことであろう。図10は、華氏40度~90度(4.4 ~ 32.2)の周囲温度の領域にわたって、式(8)にしたがって皮膚温度と周囲温度の変化を示している。

【0092】

図11は、周囲の温度が、皮膚温度と中核体温間の関係の較正に影響があることを示している。華氏91度(32.8)の皮膚温度は、周囲温度が華氏70度(21.1)(真中の線)である時、華氏98.6度(37)の中核体温に相応する。しかし、周囲温度が華氏50度(10.0)に下がる時、華氏91度(32.8)の皮膚温度は、華氏105.8度(41)(左側の線)の中核体温に相応する。周囲温度が華氏90度(32.2)に上昇する時、華氏91度(32.8)の皮膚温度は、華氏91.4度(32.8)(右側の線

10

20

30

40

50

)の中核体温に相応する。

【0093】

周囲温度が中核体温以下で意義がある時、単純な熱的モデルが有効である。しかし、周囲温度は、華氏90度(32.2)またはそれ以上で、中核体温に接近するので、上記モデルは、発汗作用を取り入れた修正が必要かもしれない。実験的データは、補正「定数」 $K_1$ が、蒸発作用を取り入れるために、周囲温度と湿度の関数になることを指示しているようである。

【0094】

画像処理ソフトウェアは、異なるプログラム言語、例えば、C++あるいは同等のプログラム言語で記載されてよい。画像処理ソフトウェアは、赤外線カメラ内であってもよい。そのような存在プログラムは、解析し、非常に早く出力し、便利である。画像処理ソフトウェアは、また、カメラから離れたプロセッサ、例えば、デスクトップ又はラップトップコンピュータのような分離したコンピュータ内であってもよい。データの取り扱いまたは修正および情報の取り出しは、データを取り扱い、解析するのに適したソフトウェアを起動するデスクトップあるいはラップトップコンピュータに、画像をダウンロードすることによって、容易に達成される。例えば、登録商標M A T L A Bのもとで利用可能な解析ソフトウェアは、上述の特別なアルゴリズムを書くのに使用できる。ハードウェア、ソフトウェア、およびユーザインターフェースは、上記M A T L A Bにより便利よく利用可能である。

【0095】

赤外線画像技術による遠隔で中核体温測定を実行するために使用される技術は、多くの適用がある。以下の適用は、本発明の例であり、網羅するものではなく、あるいは範囲を制限するものでもない。

【0096】

本発明の最も緊急の適用の一つは、重症急性呼吸器症候群(SARS)を目的とするスクリーニングである。この新しい病気は、接触感染性が強く、一般の世代に対して20%、60歳以上では40%の死亡率と推定されている。SARSの初期症状は、華氏100.4度(38)以上の熱であるので、本発明は、体温の上昇した人をスクリーンするために使用できる。発熱を示すことが見つかった人々は、より詳細な診断のために、医療関係者によってチェックされる。このタイプのスクリーニングは、SARS被検体の認識が有効と考えられる如何なる場所の近くでも導入できる。

【0097】

本発明は、赤外線画像データから中核体温測定値を提供するので、体温上昇や発熱を症状とする多くの人間の病気をスクリーニングするのに使用できる。生物学的テロリズムや、必然的に病気を起す最近の脅迫で、この発明の使用は、広範囲に及ぶ。一例には、空港の警備が含まれる。危険な病原菌が、旅行者によって故意に又は無意識に広がるので、空港は本発明のよい応用になる。最近の空港のスクリーニング技術は、銃、ナイフ、および爆発物を検出するが、生物学的脅迫に対して無価値である。本発明は、このギャップを埋めるのに役立つ。

【0098】

標準的な医学的診断技術は時間がかかり、空港、通関手続地、入国管理所、混雑したショッピングセンター、あるいはビジネスの場のような、大量スクリーニングには不向きである。接触感染性の病気や生物学的兵器のもとで、国、州、市、およびコミュニティは、そのような危険に対して境界を守ろうとする。本発明は、国、州、市、およびコミュニティの境、あるいは他の通関手続地を横断する生物学的脅迫を持ち込む人々を認識するのに適切である。

【0099】

ビジネスは、また、本発明が有効であることを見出している。前述した国、州、市に類似の警備に加えて、多くのビジネスは、従業員や製品に関して公衆衛生や清浄の事業がある。レストランは、食物汚染を避けるために従業員をスクリーニングするため、本発明を

10

20

30

40

50

利用できるし、ペースメーカー会社は、医療製品の潜在的汚染を避けるために、クリーンルームでの従業員の活動をスクリーニングできるし、また、世界の特定の地域から戻る販売員を、スクリーニングできる。

【0100】

本発明は、政府の建物を守る手助けとして有効である。政府の建物は、テロリズムにとって1番の目標であるので、そのような施設に対して浸透する生物学的テロリズムの脅威を認識する手助けに有効である。加えて、よりありきたりの接触感染性の病気に対して、従業員をスクリーニングするのに使うことができる。本発明は、また、外国の大使館に対する警備計画に適合する。入国管理事務所は、接触感染性の病気や生物学的武器が現れるかもしれない他の場所である。

10

【0101】

本発明は、また、病院、クリニック、および救急医療に有効である。病院には、多くのスクリーニングする用途がある。本発明は、緊急治療室やクリニックでのトリアージ方式に有効である。そこでは、接触感染性の患者が病院のスタッフや他の患者に病気を広げる前に、かれらを急いで隔離するのに有効である。救急要員は、発熱症状に対する事故の犠牲者を、すぐに判断する能力に価値を見出すことができる。

【0102】

ショッピングセンター、会議場、教会のような多くの人々が集合する公共の場では、本発明は、病気あるいは生物学的兵器が蔓延する場合に、有効であることが見出される。如何なる公衆施設も、病気や生物学的兵器の被害者を、隔離と取り扱いのために区別するのに本発明を使用できる。

20

【0103】

多くの病気や状況は、症状として中核体温の上昇がある。本発明は、非侵襲のスクリーニングやモニタリングに有効である。これは、患者の歩行、又は、緊急治療室の発熱している接触感染性の患者をスクリーニングすることなしに、夜の間体温をモニタリングする形をとる。本発明は、体温を測定する現在の医療方法が使用できる、至るところで適用される。最大の長所は、これらの適用で遠隔あるいは急ぎの測定が望まれることである。

【0104】

多くの適用が体温上昇の状況で説明されたが、本発明は、また、低体温を検出し、測定することが可能である。この低体温症は、医療施設に到達する前に、外科あるいは冷環境に曝されることから生じる。

30

【0105】

本発明は、生物体を念頭において設計されているが、また、死亡時刻の決定を手助けするために法医学検査員に有効であることを証明できる。死亡後、人体の体温は、その最初の温度、周囲温度、湿度および死後の時間の関数である。本発明は、この適用において述べたパラメータに基づいて死亡時刻を計算するために、有意義な方法で、有効であるように特別に設計することができる。

【0106】

本発明は、主に人への適用のために述べたけれども、この発明は、動物へも等しく適用される。主要な症状として、中核体温の上昇がある如何なる動物の病気や状況でも、本発明で検出することができる。本発明は、野生生物、家畜、動物園の動物、猛禽、狩猟鳥、および多くの他の動物の、上昇した中核体温あるいは発熱を検出するために使用できる。

40

【0107】

もし、捕獲された野生生物あるいは家畜が、個々に小さなシュート（落とし樋）内に閉じ込められると、赤外線カメラからなる赤外線画像システム、パーソナルコンピュータ（PC）および特別の解析ソフトウェアは、試験の後に生きていた動物を診断するのに使用できる。フレーム内の熱的リファレンスは、画像の端近くの、都合のよい箇所に置かれる。この装置は、動物の囲いに近い小さな部屋に、あるいは一時的に野外に三脚で据え付けられる。赤外線画像の十分な分解能は、8～12フィートの距離で得られる。

【0108】

50

スチルカメラで十分であるが、静止画像が得られる赤外ビデオモニタリングは、正確な画像を得るのに、更に便利さを提供する。赤外線画像は、記憶と解析のために、デスクトップあるいはラップトップPCのようなコンピュータにダウンロードされる。もし特別解析プログラムが上記PC内に常駐してあれば、ほとんど同時診断が得られる。この解析プログラムは、本発明のアルゴリズムを実行する。即座の、積極的な、生の診断は、扱う人に動物をただちに隔離することを可能にする。これは後に、動物を再度捕獲しなければならない不便さを避けられる。実験室の試験からの結果を待つ通常のような、数時間又は数週間を解消し、伝染した動物と群れとの接触を絶つ。

【0109】

営利目的の鹿、エルクあるいは人になれた家畜の群れは、上述のように赤外線画像システムにより、手でスキャンされる。これは、動物の群れを捕獲し、又は閉じ込めることを個々に必要とし、それから上述のように赤外線画像を得る。

【0110】

しかし、1度、赤外線カメラ技術が、フレーム内の熱的リファレンスなしで十分な正確さを得るように機能すると、営利目的の牧場の経営者にとってのより便利さは、動物が囲いの中で移動している間、動物を写すことができる望遠赤外レンズを追加することによって可能である。静止あるいはビデオカメラのどちらでも可能なこの倍率の拡大は、IRレンズの規格に基づいて、20～150フィートの距離での画像収集を提供する。特別の解析プログラムを含むPCへ画像をダウンロードした後、上述のように、解析が行われる。

このアプローチで、生きていた動物の診断は、危険性が高い、捕獲すること（血液試験に必要）から、遠隔写真セッションへ変換された。

【0111】

営利目的の鹿、エルクあるいは人になれた家畜の群れのスキヤニングが、自動化されると、上記画像が得られる。すなわち、センサ位置と画像装置は、動物が位置センサを始動して動物の写真を取るように、セットすることができる。装置およびセンサは、飼料桶あるいは水飲み場近くのシュート（落とし樋）に沿って、戦略的に置くことができる。熱的リファレンスは、適切な位置で赤外線画像内に現れるように置かれる。動物が相応な位置にいる時、よく通る経路に沿って位置センサを都合よく配置することによって、赤外線画像は適切な時に得られる。

【0112】

画像解析と診断は、上述のように実行される。個々の動物は、画像内で見ることができる耳標に、独自の赤外パターンを配置することによって識別できる。このような耳標は、独自のIR放射率を発生する、複数の識別可能なパターンを使用することができる。動物を識別する他のアプローチは、使用されてもよい。例えば、RF応答識別タグは、識別タグに呼びかけるために、動物の、多分、耳および動物の近くにあるRFインテロゲータに置くことができる。

【0113】

本発明は、鹿やエルクのような野生動物を、遠隔でスキャンするのに使用できる。赤外線カメラおよびPCは、完全にポータブルに作ることができ、木のスタンド、動いている車、あるいは徒歩で、生きていた動物の慢性消耗病（CWD）の診断を可能にする。この適用は、周囲リファレンスおよび正確な皮膚温度の測定値を使用して、有利に実行される。

【0114】

この発明は、鹿やエルクのような動物の生存頭数の淘汰に適している。変更されたライフサイクルのスコープのようなものに含まれる時、この発明は、野生生物監督者に、生きていた動物をそのままにし、病気であるかどうかを決定し、ただちに適切な行動を取ることを可能にする。この適用は病気の動物のみを淘汰することを可能にし、健康な動物はそのままである。病気の野生動物は、生存頭数のうち、小さな割合を占めるのみであるので、この発明は、病気の動物を移動させるために、多くの健康な動物を捕獲したり、あるいは殺したりする必要がない。このアプローチは、また、「健康な」食用処理肉の廃棄と移動

10

20

30

40

50

に必要なマンパワーを減少させることによって、コスト削減できる。この適用は、周囲リファレンスおよび正確な皮膚温度測定値を使用して、有利に実行される。

【0115】

述べたように、本発明は、遠隔から生きたままで、体温上昇や発熱をスキャンすることを可能にする。実験室の試験から写真セッションへの変換は、より多い機会を提供する。適切な赤外線画像カメラで、十分な熱的正確さを得ると、この遠隔モニタリングは、航空機から動物の診断を続けることまで広げることができる。これは、空中から野生あるいは国内の生息数を調査することが可能にする。航空機の距離からの赤外光学は高価であるけれども、この独特なモニタリングの適用に対する本発明の使用は、他の技術あるいは実験室の試験では利用できない。この適用は、周囲リファレンスおよび正確な皮膚温度の測定値を使用して、有利に実行される。

10

【0116】

この発明は、また、動物園の動物の遠隔検査に適している。麻酔ライフルの変更されたスコープの部分として、あるいは別体で使用されるなら、この発明は、監督者に、生きている動物をそのまま、病気であるかどうかを決定し、ただちに適切な行動を取ることを可能にする。この適用は、病気の動物のみに向かうのを可能にする。麻酔は、時々、動物園の動物に有害であるので、この発明は健康な動物を検査するのに、健康な動物に向かって、危険にする必要性を最小にする。この発明は、周囲リファレンスおよび正確な皮膚温度の測定値を使用すると有利に実行される。

【0117】

上昇した中核体温の測定値は、初期の診断ツールとして、しばしば有効であるけれども、この発明は、発熱あるいは病気の進行を追跡するのに使用される。この生きたままの試験の便利さによって、治療計画の成功あるいは病気の進行を評価するために、毎日あるいは毎週、使用される。

20

【0118】

上昇した中核体温は、しばしば卵巣疾患を伴い、この発明を鳥あるいは猛禽に適用すると、有効なスクリーニングツールであり、それにより被検体や監督者への不要なストレスを避ける。

【0119】

生物の病気の決定のための赤外線画像の使用は、2003年1月8日付けの暫定特許出願60 / 438644に、さらに記載されている。

30

本発明の他の実施形態は、上記開示された本発明の実施あるいは明細書のもとで、当業者には明白であろう。本原理および実施形態の種々の省略、修正および変更は、以下の請求の範囲に示される本発明の精神及び範囲から逸脱することなしに、当業者によって容易になし得ることである。

【図面の簡単な説明】

【0120】

【図1】赤外線画像装置の視野に含まれる、得られた被検体の赤外線画像と、フレーム内の温度リファレンスシステムの略図である。

【図2】図1の被検体の平面図と、温度リファレンスシステムである。

40

【図3】図1の温度リファレンスシステムの、より詳細を示す略平面図である。

【図4】図1の温度リファレンスシステムの、より詳細を示す略正面図である。

【図5】図1の温度リファレンスシステムの、より詳細を示す側面図である。

【図6】本発明の実施に際して、フレーム内参考温度を備える別の有用な温度リファレンスシステムの略平面図である。

【図7】図6の温度リファレンスシステムの略正面図である。

【図8】図6の温度リファレンスシステムの略正面図である。

【図9】周囲、皮膚、および中核体温間の関係を示す熱移動モデルの略図である。

【図10】周囲温度と皮膚温度の理論的関係を示すグラフである。

【図11】種々の周囲温度に関する皮膚温度に関して計算された中核体温の理論的变化を

50

示すグラフである。

【図1】

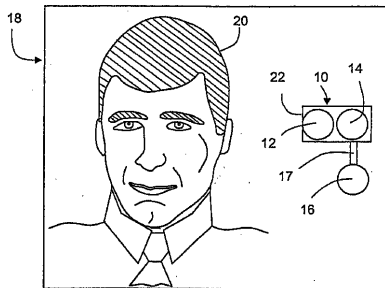


Fig. 1

【図2】

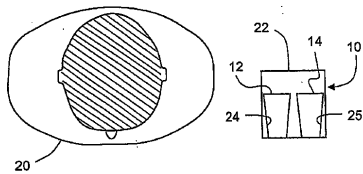


Fig. 2

【図3】

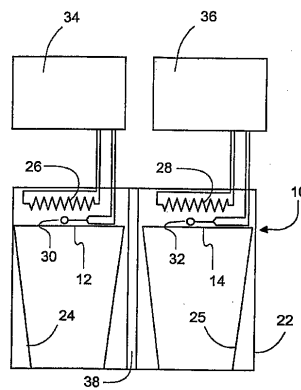


Fig. 3

【 図 4 】

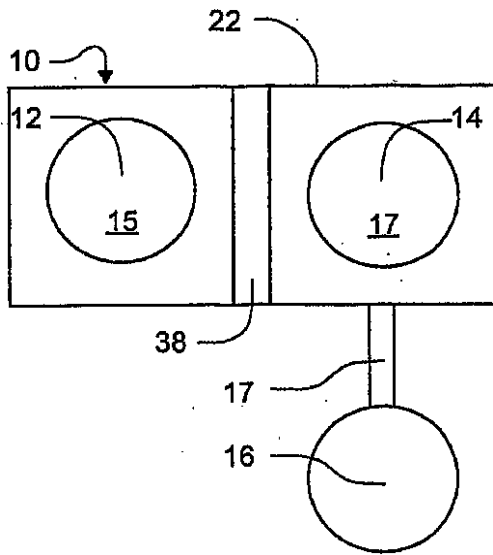


Fig. 4

【 図 5 】

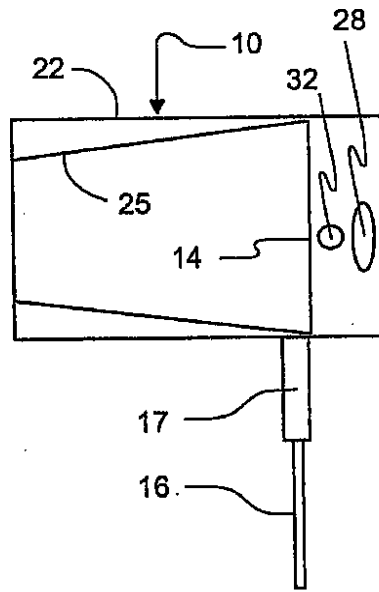


Fig. 5

【 図 6 】

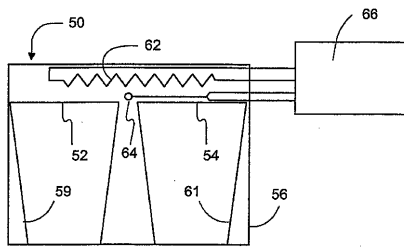


Fig. 6

【 図 7 】

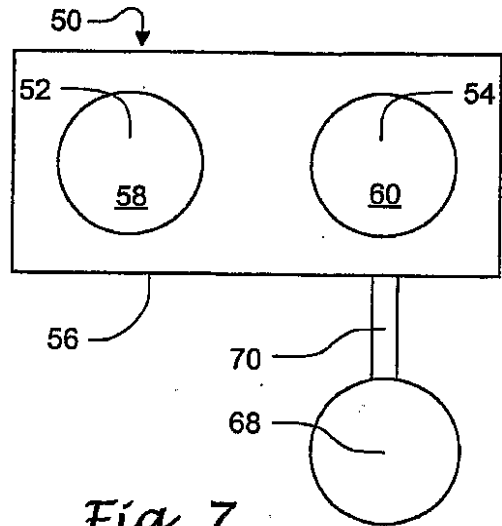


Fig. 7

【図8】

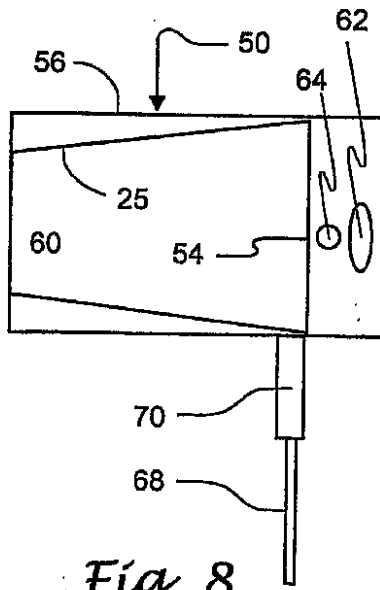


Fig. 8

【図9】

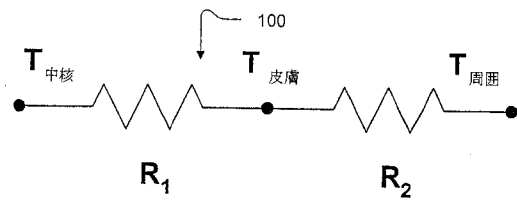


Fig. 9

【図10】

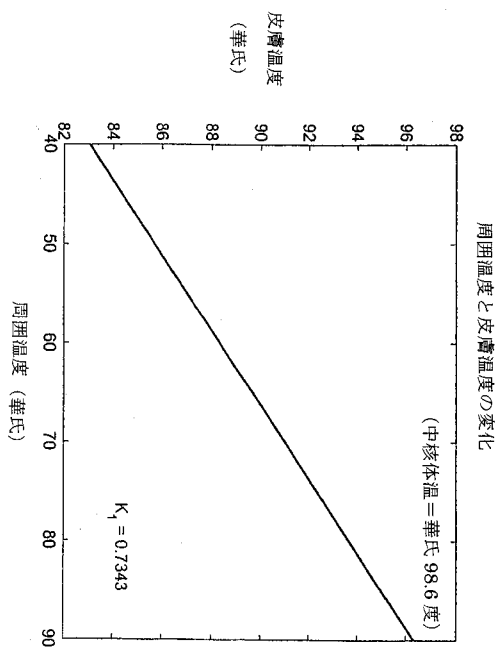


Fig. 10

【図11】

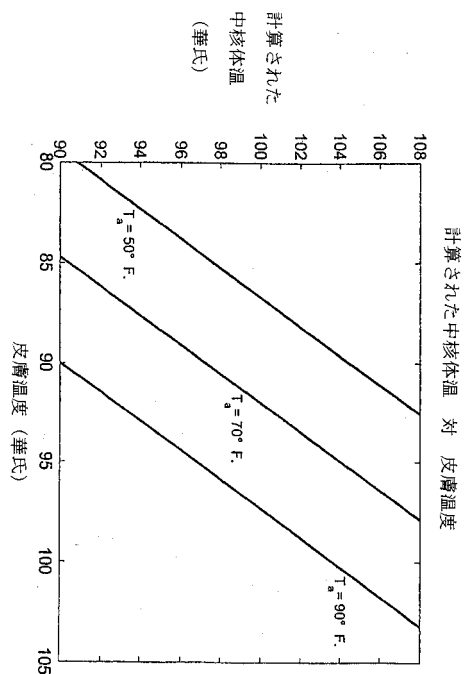


Fig. 11

## フロントページの続き

- (74)代理人 100131266  
弁理士 高 昌宏
- (74)代理人 100093193  
弁理士 中村 壽夫
- (74)代理人 100104385  
弁理士 加藤 勉
- (74)代理人 100093414  
弁理士 村越 祐輔
- (74)代理人 100131141  
弁理士 小宮 知明
- (72)発明者 ゲイリー エル. マックイルキン  
アメリカ合衆国 ミネソタ 5 5 4 4 6 プリマス フォーティシックス アヴェニュー ノース  
1 4 8 6 0

審査官 森 竜介

- (56)参考文献 特表2002-525132(JP,A)  
特開昭54-062880(JP,A)  
特開平02-045719(JP,A)  
大塚公雄 外5名, “環境温度切り替え法による皮膚熱物性値画像計測法”, 東京医科歯科大学  
生体材料工学研究所報告, 1999年, pp.50-55, Vol.33

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
A61B 5/00-5/01  
G01J 5/48

专利名称(译)	用于通过红外图像远程和非侵入地检测对象的核心体温的系统和方法		
公开(公告)号	<a href="#">JP4645961B2</a>	公开(公告)日	2011-03-09
申请号	JP2006533424	申请日	2004-05-25
[标]申请(专利权)人(译)	心波公司		
申请(专利权)人(译)	心波公司		
当前申请(专利权)人(译)	心波公司		
[标]发明人	ゲイリーエルマツキルキン		
发明人	ゲイリー エル. マツキルキン		
IPC分类号	A61B5/01 G01J5/48 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/015 G01J5/0025 G01J5/522 G01J2005/0077		
FI分类号	A61B5/00.101.K G01J5/48.A		
代理人(译)	加藤 勉		
优先权	60/471747 2003-05-27 US		
其他公开文献	JP2007516018A5 JP2007516018A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

如何通过红外图像非侵入性地，远程地和准确地检测温血动物受试者，人类或动物的核心体温。由于框架内的温度参考，特殊解剖目标区域和生理传热模型等有利特征，本发明提供了应用于生理筛查的现有红外成像技术中固有的缺陷。它有助于克服。本发明能够以核心体温变化为特征的病症或疾病进行非侵入性，远程和快速分选。本发明对人类的一种应用是远程筛查严重急性呼吸综合症 ( SARS )，因为发烧是常见的症状。根据本发明，可以非侵入性地远程检测影响人或动物核心体温的其他疾病和病症。

$$T_{K2} = \left( \frac{1}{\epsilon_2} \left( - (1 - \epsilon_2) T_{BK}^4 + T_{K1}^4 \right) \right)^{0.25} \quad (1)$$