

明 細 書

発明の名称：

状態推定方法、状態推定システム、衣服及び監視システム

技術分野

[0001] 本発明は、状態推定方法、状態推定システム、衣服及び監視システムに関する。

背景技術

[0002] 被検者の水分を測定する水分計であって、被検者の腋下に保持されて、被検者の水分量を測定するために腋下の水分を測定するためのプローブ式の水分測定部を備える水分計が知られている（例えば、特許文献1参照）。この水分計では、水分測定部は、発光部からの光を前記腋下の皮膚の水分に照射して、その反射光を受光部で受光して、この受光量の変化により水分量を測定する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2012-71056号公報
特許文献2：特開2014-039666号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上記の特許文献1に記載の構成では、水分計が被検者の腋下に保持される接触型であるので、発光部や受光部には汗や油などが付着しやすく、精度の高い測定が難しい。また、光による計測を行う場合、反射面（＝肌）の色によって光の吸収量が影響される。例えば、ほくろやシミ、血管が通っている部分など、皮膚の色は一様ではない。また、光による計測を行う場合、着用物の素材によって光の吸収率が異なるため、反射光の量は服の素材に影響される。

[0005] そこで、1つの側面では、本発明は、湿り状態を精度良く出力できる状態

推定方法等の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一局面によれば、衣類越しに、該衣類を着用した人体に向けて送信された電波の反射波の受信状況に応じて湿り状態を推定し、推定した結果に応じた出力を行う、ことを特徴とする、コンピュータにより実行される状態推定方法が提供される。

発明の効果

[0007] 湿り状態を精度良く出力できる状態推定方法等が得られる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]電波送信部1及び電波受信部2の一例を説明する図である。

[図2]一実施例における状態推定システムのハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

[図3]電波送受信部の一例を示すブロック図である。

[図4]状態推定システム10-1の機能構成の一例を示すブロック図である。

[図5]絶対湿度とドップラセンサ出力の波形の振幅との関係を示す図である。

[図6]反射波の振幅と発汗量との間の相関性の説明図である。

[図7]状態推定システム10-1のCPU11により実行される状態推定処理の一例を表すフローチャートである。

[図8]他の一実施例における状態推定システムのハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

[図9]状態推定システム10-2の機能構成の一例を示すブロック図である。

[図10]熱中症の危険度合いの判定ロジックの一例を示す図である。

[図11]状態推定システム10-2のCPU11により実行される状態推定処理の一例を表すフローチャートである。

[図12]電波送受信部25の保持方法の一例を示す図である。

[図13]ハーネス7の一例を概略的に示す図である。

[図14]監視システム110の一例を示す構成図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、添付図面を参照しながら各実施例について詳細に説明する。

[0010] 図1は、電波送信部1及び電波受信部2の一例を説明する図である。状態推定システム10-1は、電波送信部1及び電波受信部2を備える。なお以降の説明において、発汗を含む湿り状態を推定される対象となる人を指して、被験者と記載する場合がある。

[0011] 電波送信部1は、衣類6を着用した被験者5の人体に衣類6越しに電波を照射する。電波の帯域は、任意であるが、人体に害を与えず、また水分により吸収されにくい周波数帯であることが望ましい。電波の一例として極超短波(UHF: Ultra High Frequency)やマイクロ波(SHF: Super High Frequency)が挙げられる。またさらに、電波は例えば2.4G帯であってよい。衣類6とは、人体に着用できる任意の素材の着用物であり、衣服やおむつなどを含んでよい。衣類6越しとは、電波が照射される人体の部位(例えば胸部)と電波送信部1との間に衣類6が存在することを意味する。尚、図1に示す例では、衣類6は、被験者5の上半身に着用される下着である。電波受信部2は、被験者5からの電波の反射波を衣類6越しに受信する。

[0012] 状態推定システム10-1の電波送信部1及び電波受信部2は、最も内側(人体側)の衣類6の外側の表面に装着されてもよいし、最も内側の衣類6よりも外側の衣服(図示せず)に装着されてもよい(図12参照)。例えば、電波送信部1及び電波受信部2は、軍隊などの訓練で装着されるハーネス7(図13参照)と称される衣類に取り付けられてもよい。

[0013] 図2は、一実施例における状態推定システム10-1のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

[0014] 状態推定システム10-1は、図2に示すように、バス19で接続されたCPU(Central Processing Unit)11、RAM(Random Access Memory)12、ROM(Read Only Memory)13、記録媒体インターフェイス14、及び表示制御部15を含む。また、状態推定システム10-1は、入出力制御部16、及び通信インターフェイス17を有する。記録媒体インターフェ

イス 14 には、SD (Secure Digital) カード (または、メモ리카ード) 21 などの記録媒体が接続可能である。表示制御部 15 には、表示装置 22 が接続されている。入出力制御部 16 には、入出力デバイス 24 が接続されている。入出力デバイス 24 は、タッチパネル、スピーカなどであってよい。表示装置 22 及び入出力デバイス 24 の機能は、タッチパネルで実現されてもよい。尚、記録媒体インターフェイス 14 及び SD カード 21、入出力制御部 16 及び入出力デバイス 24、表示装置 22 及び表示制御部 15、及び／又は、無線送受信部 26 は、適宜、省略されてもよい。

[0015] 通信インターフェイス 17 には、電波送受信部 25、及び無線送受信部 26 が接続されている。電波送受信部 25 は、図 1 に示した電波送信部 1 及び電波受信部 2 を有する。無線送受信部 26 は、携帯電話における無線通信網を利用して無線通信可能な送受信部を含む。無線送受信部 26 は、近距離無線通信 (NFC : Near Field Communication) 部、ブルーツース (Bluetooth、登録商標) 通信部、Wi-Fi (Wireless-Fidelity) 送受信部、赤外線送受信部などを含んでも良い。

[0016] CPU 11 は、状態推定システム 10-1 全体の動作を制御する機能を有する。RAM 12 及び ROM 13 は、CPU 11 が実行するプログラムや各種データを格納する記憶部を形成する。プログラムは、CPU 11 に状態推定処理を実行させて状態推定システムとして機能させるプログラムを含む。記憶部には、SD カード 21 が含まれても良い。プログラムを格納する記憶部は、コンピュータ読取可能な記憶媒体の一例である。

[0017] 表示装置 22 は、表示制御部 15 の制御下で状態推定処理の結果、操作画面などを表示する機能を有する。

[0018] 図 3 は、電波送受信部 25 の一例を示すブロック図である。

[0019] 電波送受信部 25 は、制御部 251、発振回路 252、アンテナ 253T、253R、検波回路 254、電源回路 255、及びオペアンプ (Operational Amplifier) 256、258 を有する。発振回路 252 で生成された送信波 (電波) は、アンテナ 253T 及び検波回路 254 に分波され、アンテナ

253Tから送信された送信波は被験者5に照射される。被験者5に照射された送信波は反射され、被験者5からの送信波の反射波はアンテナ253Rで受信される。アンテナ253Rで受信した一点鎖線で示す反射波は、分波回路259において、一方はノードNへ、他方はオペアンプ258へと分波される。ノードNへ分波された反射波は、ノードNにおいて実線で示す送信波と干渉し合い、検波回路254からは一点鎖線で示す合成波（DC成分）が出力される。オペアンプ256は、合成波を増幅したセンサ出力を通信インターフェイス17を介してCPU11に入力する。オペアンプ256からのセンサ出力は、ドップラセンサ出力とも称される。オペアンプ258は、反射波を増幅したセンサ出力を通信インターフェイス17を介してCPU11に入力する。オペアンプ258からのセンサ出力は、水分センサ出力とも称される。

[0020] 電源回路255は、制御部251、発振回路252、検波回路254、及びオペアンプ256に電源電圧を供給する電池を含む。電池は、例えば充電可能な電池である。なお、電源回路255は、電波送受信部25に対して外部接続されていても良いことは言うまでもない。また、アンテナ253T、253Rは、送受信アンテナとして一体化されてもよい。

[0021] 尚、図3の例では、電波送信部1は少なくとも発振回路252及びアンテナ253Tを含み、電波受信部2は少なくともアンテナ253R、及びオペアンプ258を含む。尚、図3に示す例では、電波送受信部25は、ドップラセンサ出力を生成する構成を含んでいるが、ドップラセンサ出力を生成する構成は省略されてもよい。

[0022] 図4は、状態推定システム10-1の機能構成の一例を示すブロック図である。

[0023] 図4に示す例では、状態推定システム10-1は、電波送信部1と、電波受信部2と、電波振幅抽出部42と、発汗量推定部44と、発汗量データベース46と、出力部48と、電波振幅制御部49とを含む。図4に示す例において、電波送信部1及び電波受信部2は、図2に示す電波送受信部25に

より実現できる。また、電波振幅抽出部 4 2、発汗量推定部 4 4、出力部 4 8、及び電波振幅制御部 4 9 の各機能は、図 2 に示す CPU 1 1 により実現できる。発汗量データベース 4 6 は、図 2 に示す ROM 1 3 により実現できる。尚、ROM 1 3 に代えて、HDD (Hard Disk Drive) などの他の補助記憶装置が使用されてもよい。

[0024] 電波振幅抽出部 4 2 は、電波受信部 2 のオペアンプ 2 5 8 から入力される反射波の信号（水分センサ出力）の振幅を算出する。振幅は、反射波の信号の強度を表す指標である。振幅は、例えば、反射波の信号の波形のピークから次のピークまでの振幅であり、ピーク毎に算出されてもよい。また、電波振幅抽出部 4 2 は、所定期間にわたる振幅の算出値の平均値を出力してもよい。

[0025] 発汗量推定部 4 4 は、電波振幅抽出部 4 2 から得られた振幅に基づいて、被験者 5 の人体の湿り状態又は衣類 6 の湿り状態を推定する。ここで、電波送信部 1 から送信される電波は、その反射波が電波受信部 2 で受信されるまでの間、人体での反射の際や、衣類 6 を通過する際に減衰する。即ち、電波を人体に照射した場合、皮膚、筋肉、脂肪、骨などで電波が吸収される。このとき、肌の水分が多い場合、吸収される量が大きくなり、電波の反射量が減衰する。よって、被験者 5 が運動を行なう等により汗をかき、汗によって皮膚の表面上に水の膜（衣類 6 に浸み込んだ水についても同様）ができると、反射信号の強度が減衰する。例えば 2.4G 帯の電波を用いた場合、0.1mm 厚の水膜で 0.4dB の減衰、24G 帯であれば 6dB の減衰となる。このように、電波の減衰量と、人体の湿り状態又は衣類 6 の湿り状態との間には相関性があることが本願発明者により確認された（図 5 及び図 6 参照）。電波の減衰量は、振幅の減少量に対応する。図 5 は、絶対湿度とドップラセンサ出力の波形の振幅との関係を示す図であり、（A）は絶対湿度が 85% の場合を示し、（B）は絶対湿度が 50% の場合を示し、（C）は絶対湿度が 20% の場合を示す。図 5 では、横軸が時間を表し、縦軸が振幅を表す。図 6 は、横軸に絶対湿度を取り、縦軸に電波振幅抽出部 4 2 から得られた振幅を表す。尚、図

5では、ドップラセンサ出力の波形が示されているが、反射波の信号（水分センサ出力）の波形についても同様の傾向が現れる。また、図5及び図6では、便宜上、振幅は、反射波の信号の電圧値[V]で表されている。絶対湿度は、人体と衣類6との間の空間における絶対湿度であり、人体の湿り状態又は衣類6の湿り状態を表す指標である。図5及び図6に示すように、反射波の振幅は、絶対湿度が高くなるほど小さくなる。即ち、減衰量は、絶対湿度が高くなるほど大きくなる。反射波の振幅と絶対湿度とは、ある関係式Fによって関係付けることができる。関係式Fは、図6に示すように、複数の実データを用いて、カーブフィッティング（曲線あてはめ）により予め導出することができる。関係式Fは、発汗量データベース46に記憶されてよい。

[0026] 発汗量推定部44は、人体の湿り状態又は衣類6の湿り状態を推定すると、推定した人体の湿り状態又は衣類6の湿り状態（絶対湿度）に基づいて、人体の発汗量（発汗状態の一例）を推定する。人体の湿り状態又は衣類6の湿り状態と発汗量との間には相関性がある。基本的に、発汗量が多いほど、人体の湿り状態又は衣類6の湿り状態が上昇する。人体の湿り状態又は衣類6の湿り状態（絶対湿度）と発汗量とは、ある関係式F1によって関係付けることができる。関係式F1は、例えば比例関係を表す式（一次関数）であってよい。関係式F1は、発汗量データベース46に記憶されてよい。

[0027] ただし、発汗量推定部44は、電波振幅抽出部42から得られた振幅に基づいて、直接的に人体の発汗量を推定してもよい。即ち、発汗量推定部44は、電波振幅抽出部42から得られた振幅に基づいて、人体の湿り状態又は衣類6の湿り状態を推定することなく、人体の発汗量を直接的に推定してもよい。これは、反射波の振幅と人体の湿り状態又は衣類6の湿り状態の間には相関性があり且つ人体の湿り状態又は衣類6の湿り状態と人体の発汗量との間には相関性があるので、反射波の振幅と人体の発汗量との間には相関性があるためである。

[0028] 発汗量データベース46は、反射波の振幅と絶対湿度とを関連付ける関係式Fを保持する。或いは、発汗量データベース46は、反射波の振幅と絶対

湿度とを多数組関連付けたテーブルデータを保持してもよい。また、発汗量データベース46は、絶対湿度と発汗量とを関連付ける関係式F1を保持する。或いは、発汗量データベース46は、絶対湿度と発汗量とを多数組関連付けたテーブルデータを保持してもよい。

[0029] 或いは、発汗量データベース46は、反射波の振幅と発汗量とを関連付ける関係式F2を保持してもよい。或いは、発汗量データベース46は、反射波の振幅と発汗量とを多数組関連付けたテーブルデータを保持してもよい。

[0030] 出力部48は、発汗量推定部44により推定された発汗量を出力する。発汗量推定部44により推定された発汗量の出力態様は任意である。例えば、発汗量推定部44により推定された発汗量は、表示装置22上に出力されてもよいし、音声等により出力されてもよい。また、発汗量推定部44により推定された発汗量は、無線送受信部26による無線通信により外部（例えば図14に示すセンタ200）に送信（出力）されてもよい。この場合、出力部48は、例えば発汗量推定部44により推定された発汗量が所定閾値を超えた場合に、その旨を表す情報を外部に送信してもよい。出力部48のその他の動作例については、後述する。

[0031] 電波振幅制御部49は、電波振幅抽出部42から得られた振幅に基づいて、該振幅が最大値になるように、電波送信部1の送信電力を制御する。この送信電力の制御（調整）は、初期状態（例えば、人体の発汗量が略0の状態）で1回だけ実行される。このように初期的に反射波の振幅を最大化することで、減衰量を評価する際の分解能を高め、発汗量の推定精度を高めることができる。但し、電波振幅制御部49は、必ずしも必須でなく、省略されてもよい。この場合、電波送信部1の送信電力は一定である。

[0032] 図4に示す状態推定システム10-1によれば、水分センサ出力に基づいて、被験者5の人体の湿り状態又は衣類6の湿り状態を推定できる。水分センサ出力は、上述の如く、電波送信部1及び電波受信部2により生成される。従って、図4に示す状態推定システム10-1によれば、電波を利用して被験者5の人体の湿り状態又は衣類6の湿り状態を推定できる。また、図4

に示す状態推定システム 10-1 によれば、推定した被験者 5 の人体の湿り状態又は衣類 6 の湿り状態に基づいて、被験者 5 の発汗量を推定できる。従って、図 4 に示す状態推定システム 10-1 によれば、電波を利用して被験者 5 の発汗量を推定できる。

[0033] また、図 4 に示す状態推定システム 10-1 によれば、電波を利用するので、非接触で人体の湿り状態又は衣類 6 の湿り状態及び発汗量（以下「人体の湿り状態又は衣類 6 の湿り状態等」ともいう）を推定できる。ここで、電波は、光とは異なり、人体の反射面（＝肌）の色に影響しない。従って、図 4 に示す状態推定システム 10-1 によれば、被験者 5 の動き等に伴って人体における電波の照射位置が固定的にはできない場合でも、人体の湿り状態又は衣類 6 の湿り状態等を推定できる。また、光による測定の場合は、衣類 6 の素材によって光の吸収率が異なるため、反射光の量は衣類 6 の素材に影響される。これに対して、電波は光よりも衣類 6 による反射波の強度の変化が小さい。従って、図 4 に示す状態推定システム 10-1 によれば、どのような素材の衣類 6 を着用しているかがわからない状態でも、人体の湿り状態又は衣類 6 の湿り状態等を推定できる。また、光による測定の場合は、発光部や受光部に汗や油などが付着した場合に、反射光の量が低減される。これに対して、電波の場合は、電波送信部 1 や電波受信部 2 汗や油などが付着した場合でも、光よりも反射波の強度の低減量が小さい。従って、図 4 に示す状態推定システム 10-1 によれば、汗や油などが付着しやすい環境下でも、人体の湿り状態又は衣類 6 の湿り状態等を推定できる。

[0034] また、図 4 に示す状態推定システム 10-1 によれば、電波の減衰量と、人体の湿り状態又は衣類 6 の湿り状態との間には相関性があることを利用して、人体の湿り状態又は衣類 6 の湿り状態が推定される。従って、図 4 に示す状態推定システム 10-1 によれば、人体の湿り状態又は衣類 6 の湿り状態を精度良く推定できる。被験者 5 の発汗量の推定についても同様である。

[0035] 図 7 は、状態推定システム 10-1 の CPU 11 により実行される状態推定処理の一例を表すフローチャートである。図 7 に示す処理は、所定周期毎

に繰り返し実行されてもよい。

- [0036] ステップS 7 0 0では、電波振幅抽出部4 2は、所定周期に対応する期間 ΔT （例えば、1秒）にわたる水分センサ出力（電波受信部2のオペアンプ2 5 8から入力される反射波の信号）を取得する。
- [0037] ステップS 7 0 2では、電波振幅抽出部4 2は、期間 ΔT にわたる水分センサ出力に基づいて、期間 ΔT にわたる水分センサ出力の振幅の平均値を算出する。
- [0038] ステップS 7 0 4では、発汗量推定部4 4は、上記ステップS 7 0 2で算出された振幅（平均値）に基づいて、発汗量を算出する。この例では、発汗量データベース4 6は、反射波の振幅と発汗量とを関連付ける関係式F 2を保持している。発汗量推定部4 4は、上記ステップS 7 0 2で算出された振幅を関係式F 2に代入して、発汗量を得る。
- [0039] ステップS 7 0 5では、出力部4 8は、上記ステップS 7 0 4で得られる発汗量の算出結果を出力する。発汗量の算出結果の出力先は、任意であり、例えば、被験者5を監視するセンタ2 0 0（図1 4参照）等にも出力されてもよい。
- [0040] 図7に示す状態推定処理によれば、発汗量推定部4 4は、期間 ΔT にわたる水分センサ出力に基づいて、被験者5の発汗量を推定できる。また、出力部4 8は、被験者5の発汗量の推定結果を出力できる。水分センサ出力は、上述の如く、電波送信部1及び電波受信部2により生成される。従って、図7に示す状態推定処理によれば、電波を利用して被験者5の発汗量を推定及び出力できる。また、電波を利用することで、図4を参照して上述した効果と同様の効果が得られる。
- [0041] 図8は、他の一実施例における状態推定システムのハードウェア構成の一例を示すブロック図である。図8において、図2に示した構成要素と同一であってよい構成要素については、同一の参照符号を付して説明を省略する。
- [0042] 状態推定システム1 0 - 2のハードウェア構成は、センシング部1 8を更に有する点が、図2に示した状態推定システム1 0 - 1のハードウェア構成

に対して異なる。

[0043] センシング部 18 には、温度センサ 28 が接続される。温度センサ 28 は、周辺温度を検出する。温度センサ 28 は、例えば被験者 5 に装着される。温度センサ 28 は、被験者 5 に直接装着されてもよいが、典型的には、被験者 5 が着用する衣類 6 やその他の衣類に装着される。尚、状態推定システム 10-2 がハーネスに取り付けられる場合は、温度センサ 28 は、ハーネス付近の温度を検出することになる。

[0044] 図 9 は、状態推定システム 10-2 の機能構成の一例を示すブロック図である。図 9 において、図 4 に示した構成要素と同一であってよい構成要素については、同一の参照符号を付して説明を省略する。

[0045] 図 9 に示す例では、状態推定システム 10-2 は、電波送信部 1 と、センシング部 18 と、電波受信部 2 と、電波振幅抽出部 42 と、発汗量推定部 44 と、発汗量データベース 46 と、出力部 48 と、電波振幅制御部 49 と、熱中症推定部 50 と、熱中症判定データベース 52 とを含む。図 9 に示す例において、電波送信部 1 及び電波受信部 2 は、図 8 に示す電波送受信部 25 により実現できる。また、電波振幅抽出部 42、発汗量推定部 44、出力部 48、電波振幅制御部 49、及び熱中症推定部 50 の各機能は、図 8 に示す CPU 11 により実現できる。発汗量データベース 46 及び熱中症判定データベース 52 は、図 2 に示す ROM 13 により実現できる。尚、ROM 13 に代えて、HDD などの他の補助記憶装置が使用されてもよい。

[0046] 熱中症推定部 50 は、熱中症判定データベース 52 を参照して、発汗量推定部 44 により推定された発汗量と、センシング部 18 からの温度情報（温度センサ 28 の検出値）とに基づいて、熱中症の危険度合いの判定（人体の状態判定の一例）を行う。

[0047] 熱中症判定データベース 52 には、図 10 に示すような熱中症の危険度合いの判定ロジックが登録される。図 10 に示す例では、温度条件として 30 度以上と 30 度未満に分けられている。また、湿度条件として、高湿か低湿かで分けられている。高湿か低湿かは、任意の基準で判定されてよい。また

、発汗量の条件として、増加中であるか、減少中であるか、変化していないかで分けられている。各条件の組み合わせに応じた熱中症判定結果が示されている。例えば、温度条件が30度以上であり、高湿であり、発汗量が増加中である場合は、熱中症判定結果は”危険”となる。危険”とは、例えば、熱中症になる可能性が非常に高いことを表し、既に熱中症になっている状態を含みうる。他方、温度条件が30度未満であり、高湿であり、発汗量が増加中である場合は、熱中症判定結果は”注意”となる。尚、”注意”とは、”危険”よりも熱中症になる可能性が低いことを表す。

[0048] 図11は、状態推定システム10-2のCPU11により実行される状態推定処理の一例を表すフローチャートである。図11に示す処理は、所定期毎に繰り返し実行されてもよい。

[0049] 図11に示す処理は、図7に示した処理に対して、ステップS705が省略され、ステップS706以降が追加された点が異なる。以下では、異なる部分について説明する。

[0050] ステップS706では、出力部48は、上記ステップS704で得られる発汗量の算出結果の履歴（推定結果の時間的な変化の一例）と、センシング部18からの温度情報とに基づいて、熱中症判定データベース52を参照して熱中症判定結果を得る。出力部48は、得られた熱中症判定結果に基づいて、警報条件が成立したか否かを判定する。警報条件は、任意であるが、熱中症判定結果が”危険”である場合に満たされてもよいし、熱中症判定結果が”危険”又は”注意”である場合に満たされてもよい。例えば、警報条件は、発汗量が増加した状態を示した後に発汗量に変化しない状態（変動幅が基準より小さい状態）を示した場合に満たされてよい。これは、発汗した（発汗量が増加）後、発汗量が減らない（汗が蒸発しない）ということは、汗の蒸発時の気化熱による体温低下ができない状態、即ち熱中症になる危険性が高い状態であるためである。警報条件が成立した場合は、ステップS708に進み、それ以外の場合は、今回周期の処理はそのまま終了する。

[0051] ステップS708では、出力部48は、警報（人体の危険性を示す情報の

一例) を出力する。警報の出力先は、任意であり、例えば、警報は、被験者 5 を監視するセンタ 200 (図 14 参照) 等に出力されてもよい。警報の出力態様は、熱中症判定結果に応じて可変されてもよい。尚、出力部 48 は、熱中症判定結果が”平常”であるときも、その旨を出力してもよい。この場合、出力部 48 は、熱中症判定結果が”平常”から”危険”又は”注意”に変化した場合、警報と共に熱中症判定結果を出力してもよい。

[0052] 図 11 に示す状態推定処理によれば、発汗量の算出結果の履歴(時間変化)等に基づいて熱中症に係る警報条件が成立した場合に、警報を出力できる。これにより、例えば被験者 5 が訓練中又は運動中であるとき、被験者 5 が熱中症を引き起こす可能性がある状態を検出した場合は、その旨を例えば被験者 5 の監視者に通知できる。この結果、被験者 5 の安全を図ることができる。例えば、状態推定システム 10-2 は、防護服内で隊員(被験者 5)の身体状態の見守り機能を果たすことができる。

[0053] 尚、図 11 に示す状態推定処理で用いられる判定ロジック(図 10 に示す例)は、あくまで一例であり、熱中症の実例等に適合するように多様な変更が可能である。例えば、温度条件及び／又は湿度条件及び／又は発汗量の条件は、より細かく分けられてもよい。

[0054] また、好ましい警報出力態様の例として、例えば、発汗量が増加した状態を示した後に発汗量が変わらない状態を示した場合と、発汗量が増加した状態を示した後に発汗量が減った状態を示した場合とで、出力する警報の内容を異ならしてもよい。これは、発汗した(発汗量が増加)後、発汗量が減る(汗が蒸発)しているなら、発汗量が変わらない場合よりも危険度は低いためである。警報の内容は、危険度が高いほど、例えば注意喚起度が高くなる態様(例えば、警報音が大きくなる態様)で可変されてよい。このように、発汗量が増加した後、発汗量の減少の有無に応じて警報の内容を可変することで、被験者 5 の安全を図ることができる。

[0055] また、状態推定システム 10-2 は、熱中症に関する警報条件を判定しているが、これに代えて又は加えて、他の警報条件を判定してもよい。即ち、

警報条件は、任意であり、監視目的（例えば、熱中症予防、心臓異常の監視、点滴外れ監視、おむつの交換時期の監視等）に応じて適宜決定されてよい。これにより、例えば被験者 5 に異常な発汗（心臓異常時の大量の冷や汗等）を検出した場合は、その旨を例えば被験者 5 の監視者に通知できる。また、被験者 5 が点滴を受けている患者である場合に、点滴が外れたことを、それに伴う衣類 6 の湿り状態に急激な増加に基づいて検出できる。この場合も、その旨を例えば被験者 5 の監視者に通知できる。尚、点滴外れ監視やおむつの交換時期の監視の場合は、発汗量推定部 44 は、発汗量を算出する必要はない。例えば、おむつの交換時期の監視の場合は、発汗量推定部 44 は、おむつ（衣類 6 の一例）の湿り状態を推定し、推定した湿り状態に基づいて警報条件（又はケアのタイミング）を判断すればよい。警報条件は、例えば、推定した湿り状態が所定の湿り基準を超える湿りを示す場合に満たされてよい。これにより、出力部 48 は、警報として、おむつの濡れの発生、及び／又は、おむつの交換に関する通知を行うことができる。このようにして、状態推定システム 10-2 は、介護、病院等の施設で、ケア対象者（被験者 5）の状態の見守り機能を果たすこともできる。

[0056] 図 12 は、電波送受信部 25 の保持方法の一例を示す図である。

[0057] 図 12 に示す例では、電波送受信部 25（センサの一例）は、ハーネス 7 の保持部 8 内に保持される。ハーネス 7 は、衣類 6（第 1 の衣類の一例）の外側に着用される。保持部 8 は、例えばハーネス 7 における外側（衣類 6 とは反対側）の表面に設けられる。このような位置関係に設けられた電波送受信部 25 は、衣類 6 およびハーネス 7 を着用した被験者 5 の人体に衣類 6 およびハーネス 7 越しに電波を照射することになる。保持部 8 は、任意の形態であってよく、例えばポケット、ベルト、マジックテープ(Magic Tape)（登録商標）、ベルクロ(Velcro)（登録商標）等の形態であってよい。

[0058] 図 13 は、ハーネス 7 の一例を概略的に示す図である。

[0059] 図 13 に示す例では、ハーネス 7 は、内側（人体側）に保持部 8 を有する。ハーネス 7 は、電波送受信部 25 の他、水筒やその他のセンサ装置や無線

装置などを入れるポケット等を有してよい。ハーネス 7 は、ベルト状の物でもベストのような形態であってもよい。

[0060] 図 1 4 は、監視システム 1 1 0 の一例を示す構成図である。

[0061] 監視システム 1 1 0 は、状態推定システム 1 0 - 1 と、センタ 2 0 0 とを含む。

[0062] 状態推定システム 1 0 - 1 は、上述の通りであってよいが、本例では無線送受信部 2 6 を備える。また、監視システム 1 1 0 における状態推定システム 1 0 - 1 は、表示装置 2 2 及び表示制御部 1 5 が省略されてよく、その他、記録媒体インターフェイス 1 4 及び S D カード 2 1、入出力制御部 1 6 及び入出力デバイス 2 4 についても、省略されてもよい。本例では、状態推定システム 1 0 - 1 の電波送受信部 2 5（センサの一例）は、例えばハーネス 7 の保持部 8（図 1 2 及び図 1 3 参照）に収容される。状態推定システム 1 0 - 1 の他の構成要素は、電波送受信部 2 5 と同様にハーネス 7 の保持部 8 に収容されてよい。

[0063] 状態推定システム 1 0 - 1 の無線送受信部 2 6 は、上述の如く得られる被験者 5 の人体の湿り状態又は衣類 6 の湿り状態を表す情報及び／又は発汗量を表す情報を、センタ 2 0 0 に送信する。例えば、無線送受信部 2 6 は、出力部 4 8 が出力する情報をセンタ 2 0 0 に送信する。

[0064] センタ 2 0 0 は、ハーネス 7 の保持部 8 に対して遠隔に配置される。センタ 2 0 0 は、例えばハーネス 7 を着用して訓練を受けている訓練者を監視する監視センタであってよい。センタ 2 0 0 は、サーバーの形態であってよい。

[0065] センタ 2 0 0 は、図 1 4 に示すように、受信装置 2 1 1 と、出力装置 2 1 2 とを含む。

[0066] 受信装置 2 1 1 は、無線送受信部 2 6 から送信された情報（被験者 5 の人体の湿り状態又は衣類 6 の湿り状態等を表す情報）を受信する。

[0067] 出力装置 2 1 2 は、受信装置 2 1 1 で受信した情報を出力する。これにより、出力態様は、任意である。例えば、受信装置 2 1 1 で受信した情報は、

リアルタイムに表示装置（図示せず）に出力されてもよい。出力装置 212 は、複数の被験者 5 に係る複数の状態推定システム 10-1 から情報を受信した場合には、被験者 5 毎に情報を出力してよい。

[0068] 尚、図 14 に示す例では、状態推定システム 10-1 の無線送受信部 26 は、被験者 5 の人体の湿り状態又は衣類 6 の湿り状態を表す情報及び／又は発汗量を表す情報を、センタ 200 に送信するが、これに限られない。例えば、無線送受信部 26 は、水分センサ出力自体を、センタ 200 に送信してもよい。この場合、センタ 200 は、状態推定システム 10-1 の電波振幅抽出部 42、発汗量推定部 44、発汗量データベース 46 及び出力部 48 に対応する機能部（図 4 参照）を有すればよい。或いは、無線送受信部 26 は、電波振幅抽出部 42 で得られた情報を、センタ 200 に送信してもよい。この場合、センタ 200 は、状態推定システム 10-1 の発汗量推定部 44、発汗量データベース 46 及び出力部 48 に対応する機能部（図 4 参照）を有すればよい。

[0069] また、図 14 に示す例では、監視システム 110 は、状態推定システム 10-1 を備えるが、状態推定システム 10-1 に代えて、状態推定システム 10-2 を備えてもよい。この場合、無線送受信部 26 は、熱中症判定結果をセンタ 200 に送信してもよいし、その判定結果を得るためのデータ（温度センサ 28 で得られる情報等）をセンタ 200 に送信してもよい。

[0070] 以上、各実施例について詳述したが、特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された範囲内において、種々の変形及び変更が可能である。また、前述した実施例の構成要素を全部又は複数を組み合わせることも可能である。

[0071] 例えば、上述した実施例では、発汗量推定部 44 は、反射波の振幅と絶対湿度との相関を表す情報に基づいて、反射波の振幅から人体の湿り状態又は衣類 6 の湿り状態等を推定している。しかしながら、等価的に、発汗量推定部 44 は、反射波の振幅の減衰量と絶対湿度との相関を表す情報に基づいて、反射波の振幅の減衰量から人体の湿り状態又は衣類 6 の湿り状態等を推定

してもよい。このとき、反射波の振幅の減衰量は、反射波の振幅の基準値に対する減衰量であってよい。反射波の振幅の基準値は、初期状態（例えば、人体の発汗量が略0の状態）で得られる反射波の振幅であってよい。また、絶対湿度に代えて、反射波の振幅と相対湿度又はインピーダンスとの相関を表す情報が用いられてもよい。例えば、発汗量推定部44は、反射波の振幅と相対湿度との相関を表す情報と、温度センサ28からの温度情報とに基づいて、人体の湿り状態又は衣類6の湿り状態等を推定してもよい。

[0072] また、上述した実施例では、発汗量推定部44は、水分センサ出力に基づいて人体の湿り状態又は衣類6の湿り状態等を推定しているが、図5からもわかるように、ドップラセンサ出力に基づいて人体の湿り状態又は衣類6の湿り状態等を推定してもよい。この場合、図3に示す構成において、分波回路259及びオペアンプ258を省略することとしてもよい。発汗量推定部44は、ドップラセンサ出力の波形の振幅を算出してもよいし、ドップラセンサ出力に対してFFT（Fast Fourier Transform）を行った周波数解析結果に基づいて、反射波の振幅（例えば、特定周波数におけるピーク値）を算出してもよい。

符号の説明

- [0073]
- | | |
|------------|----------|
| 1 | 電波送信部 |
| 2 | 電波受信部 |
| 6 | 衣類 |
| 10-1, 10-2 | 状態推定システム |
| 25 | 電波送受信部 |
| 28 | 温度センサ |
| 200 | センタ |
| 110 | 監視システム |
| 211 | 受信装置 |
| 212 | 出力装置 |

請求の範囲

- [請求項1] 衣類越しに、該衣類を着用した人体に向けて送信された電波の反射波の受信状況に応じて湿り状態を推定し、
推定した結果に応じた出力を行う、
ことを特徴とする、コンピュータにより実行される状態推定方法。
- [請求項2] 前記衣類は上半身側の衣類であり、前記推定した結果に応じた出力は、前記人体の発汗状態を示す情報である、請求項1記載の状態推定方法。
- [請求項3] 前記衣類はおむつであり、前記推定した結果が所定の湿り基準を超える湿りを示す場合に、前記おむつの濡れの発生、又は、おむつの交換に関する通知を行う、請求項1記載の状態推定方法。
- [請求項4] 前記推定した結果の時間的な変化に応じて、前記人体の状態判定を行う、請求項1記載の状態推定方法。
- [請求項5] 前記推定した結果が、湿り度の増加後の湿り度の変動幅が基準より小さい事象が検出されたことを示す場合に、前記人体の危険性を示す情報を出力する、請求項1記載の状態推定方法。
- [請求項6] 前記電波は、UHF帯またはSHF帯である、請求項1～5のうちのいずれか1項に記載の状態推定方法。
- [請求項7] さらに、前記推定した結果に応じた出力の出力態様を、前記湿り状態の変化と、温度が所定以上か否かとの組み合わせに基づいて変化させる、請求項1記載の状態推定方法。
- [請求項8] 前記湿り状態は、前記衣類の湿り状態、前記人体の湿り状態、又は前記人体の発汗状態である、請求項1記載の状態推定方法。
- [請求項9] 前記電波の反射波の受信状況は、前記反射波の強度である、請求項1記載の状態推定方法。
- [請求項10] 前記反射波の強度は、前記反射波の波形のピークから次のピークまでの振幅である、請求項9記載の状態推定方法。
- [請求項11] 前記湿り状態を推定することは、前記反射波の強度を算出し、前記

反射波の強度と前記湿り状態とを関係付ける情報に基づいて、前記反射波の強度の算出結果から前記湿り状態を算出することを含む、請求項 1 記載の状態推定方法。

[請求項12] 前記反射波の強度と前記湿り状態とを関係付ける情報は、所定の基準値に対する前記反射波の強度の減衰量と前記湿り状態との関係を表す情報を含む、請求項 10 記載の状態推定方法。

[請求項13] さらに、前記推定した結果に応じた出力の要否を、前記推定した結果の時間的な変化に基づいて判定する、請求項 4 記載の状態推定方法。

[請求項14] 前記人体の状態判定は、熱中症の可能性に関する判定を含む、請求項 4 記載の状態推定方法。

[請求項15] 前記人体に装着された温度センサにより前記温度を検出することを含む、請求項 7 記載の状態推定方法。

[請求項16] 衣類越しに、該衣類を着用した人体に向けて送信された電波の反射波の受信状況に応じて湿り状態を推定する推定部と、
推定した結果に応じた出力を行う出力部とを含む、
ことを特徴とする、状態推定システム。

[請求項17] さらに、前記電波を前記衣類を着用した人体に向けて送信する送信部と、
前記送信部により送信された前記電波の反射波を受信する受信部とを有し、
前記推定部は、前記受信部により受信された反射波の受信状況に応じて湿り状態を推定することを特徴とする、請求項 16 に記載の状態推定システム。

[請求項18] 人体に着用される第 1 の衣類の外側に着用される衣類であって、
前記第 1 の衣類越しに前記第 1 の衣類を着用する人体側に電波を送信し、反射波を受信するセンサの保持部、
を備えたことを特徴とする衣類。

- [請求項19] 当該衣類は、ハーネスである、請求項18に記載の衣類。
- [請求項20] 前記保持部は、当該衣類における前記第1の衣類側とは反対側の表面に設けられる、請求項18又は19に記載の衣類。
- [請求項21] 人体に着用される第1の衣類の外側に着用される衣類に保持され、前記第1の衣類越しに前記第1の衣類を着用する人体側に電波を送信し、反射波を受信するセンサと、
前記センサが受信した前記反射波の受信状況又は受信状況を解析して得られた湿り度を示す情報を送信する送信装置と、
前記送信装置から送信された前記情報を受信する受信装置と、
前記受信装置で受信した前記情報に基づいて、前記人体の湿り状態又は前記第1の衣類の湿り状態に関する情報を出力する出力装置と、
を備えたことを特徴とする監視システム。