

(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2017-27123

(P2017-27123A)

(43) 公開日 平成29年2月2日(2017.2.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G06Q 50/22 (2012.01)	G06Q 50/22 106	4C027
A61B 5/00 (2006.01)	A61B 5/00 102C	4C038
A61B 5/01 (2006.01)	A61B 5/00 101D	4C117
A61B 5/08 (2006.01)	A61B 5/08	5L099
A61B 5/0452 (2006.01)	A61B 5/04 312U	
審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 14 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2015-141896 (P2015-141896)	(71) 出願人	000006655
(22) 出願日	平成27年7月16日 (2015.7.16)		新日鐵住金株式会社
			東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
		(71) 出願人	504137912
			国立大学法人 東京大学
			東京都文京区本郷七丁目3番1号
		(74) 代理人	110001977
			特許業務法人なじま特許事務所
		(72) 発明者	内田 貴之
			東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新
			日鐵住金株式会社内
		(72) 発明者	寺島 英俊
			東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新
			日鐵住金株式会社内
最終頁に続く			

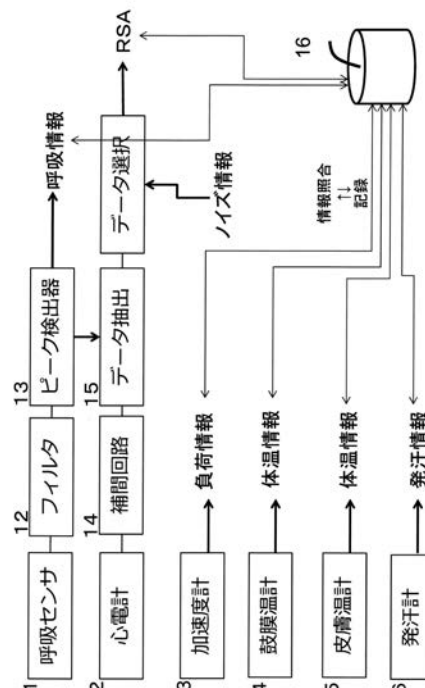
(54) 【発明の名称】 熱中症発症予防診断装置および熱中症発症予防方法

(57) 【要約】

【課題】作業者の深部体温に異常が生じる前段階で、その作業者の熱中症発症リスクを検出することができる技術を提供すること。

【解決手段】熱中症発症予防診断装置において、「作業者の作業負荷情報を入力する作業負荷情報入力手段と、作業者の呼吸をリアルタイムで検出する呼吸センサと、作業者の拍動間隔をリアルタイムで検出する心電計と、前記の呼吸センサを用いて得られる呼吸曲線情報と、前記の心電計を用いて得られる心拍情報を、同期を取りながら記録する情報記録手段と、前記の情報記録手段に記録された呼吸曲線情報と心拍情報から、呼吸性洞性不整脈(RSA)を導出するRSA演算手段と、前記のRSA演算手段により算出されたRSA算出値と、前記の作業負荷情報を表示する表示手段を有する」構成を採用した。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

作業者の作業負荷情報を入力する作業負荷情報入力手段と、
作業者の呼吸をリアルタイムで検出する呼吸センサと、
作業者の拍動間隔をリアルタイムで検出する心電計と、
前記の呼吸センサを用いて得られる呼吸曲線情報と、前記の心電計を用いて得られる心拍情報を、同期を取りながら記録する情報記録手段と、
前記の情報記録手段に記録された呼吸曲線情報と心拍情報から、呼吸性洞性不整脈（R S A）を導出する R S A 演算手段と
前記の R S A 演算手段により算出された R S A 算出値と、前記の作業負荷情報を表示する表示手段を有することを特徴とする
熱中症発症予防診断装置。

10

【請求項 2】

更に、前記の作業負荷情報に基づき、その正常時の R S A 値を基準値として導出する R S A 基準値導出手段を有し、
前記の表示手段は、この基準値と前記の R S A 算出値とを重ねて表示することを特徴とする請求項 1 記載の熱中症発症予防診断装置。

【請求項 3】

更に、作業者の鼓膜温をリアルタイムで検出する鼓膜温計を有し、
前記の表示手段は、この鼓膜温計を用いて得られる深部体温情報を、同時に表示することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の熱中症発症予防診断装置。

20

【請求項 4】

更に、作業者の皮膚体温をリアルタイムで検出する皮膚温計を有し、
前記の表示手段は、この皮膚温計を用いて得られる皮膚体温情報を、同時に表示することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の熱中症発症予防診断装置。

【請求項 5】

更に、作業者の発汗量をリアルタイムで検出する発汗計を有し、
前記の表示手段は、この発汗計を用いて得られる発汗量情報を、同時に表示することを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項記載の熱中症発症予防診断装置。

【請求項 6】

更に、作業者の運動量を検出する加速度計を有し、
この加速度計を用いて、前記の作業負荷情報を得ることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項記載の熱中症発症予防診断装置。

30

【請求項 7】

前記の各情報の伝送を、無線で送受信する無線通信手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか 1 項記載の熱中症発症予防診断装置。

【請求項 8】

請求項 1 記載の熱中症発症予防診断装置を用いて熱中症の前兆を検出する熱中症発症予防方法であって、

作業開始前から作業と休憩を挟み作業終了後に亘って、R S A 算出値をリアルタイムに検出し、

休憩の R S A 算出値の変化パターンと、（前記の）作業負荷情報入力手段を介して入力された作業負荷情報に基づいて熱中症の前兆を検出する

ことを特徴とする熱中症発症予防方法。

40

【請求項 9】

更に、前記の作業負荷情報に基づき、その正常時の R S A 値を基準値として導出し、この基準値と前記の R S A 算出値とを重ねて表示することを特徴とする請求項 8 記載の熱中症発症予防方法。

【請求項 10】

請求項 3 記載の熱中症発症予防診断装置を用いて熱中症の前兆を検出する熱中症発症予

50

防方法であって、

作業開始前から作業と休憩を挟み作業終了後に亘って、RSA算出値をリアルタイムに検出し、

休憩のRSA算出値の変化パターンと、前記の作業負荷情報入力手段を介して入力された作業負荷情報と、深部体温情報に基づいて熱中症の前兆を検出する

ことを特徴とする請求項8又は9に記載の熱中症発症予防方法。

【請求項11】

請求項4記載の熱中症発症予防診断装置を用いて熱中症の前兆を検出する熱中症発症予防方法であって、

作業開始前から作業と休憩を挟み作業終了後に亘って、RSA算出値をリアルタイムに検出し、

休憩のRSA算出値の変化パターンと、前記の作業負荷情報入力手段を介して入力された作業負荷情報と、皮膚体温情報に基づいて、熱中症の前兆を検出する

ことを特徴とする請求項8又は9記載の熱中症発症予防方法。

【請求項12】

請求項5記載の熱中症発症予防診断装置を用いて熱中症の前兆を検出する熱中症発症予防方法であって、

作業開始前から作業と休憩を挟み作業終了後に亘って、RSA算出値をリアルタイムに検出し、

休憩のRSA算出値の変化パターンと、前記の作業負荷情報入力手段を介して入力された作業負荷情報と、発汗量情報に基づいて、

もしくは、

休憩のRSA算出値の変化パターンと、前記の作業負荷情報入力手段を介して入力された作業負荷情報と、深部体温情報と、発汗量情報に基づいて、

もしくは、

休憩のRSA算出値の変化パターンと、前記の作業負荷情報入力手段を介して入力された作業負荷情報と、皮膚温情報と、発汗量情報に基づいて、

熱中症の前兆を検出することを特徴とする請求項8乃至11の何れか1項記載の熱中症発症予防方法。

【請求項13】

更に、加速度計を用いて作業者の運動量を検出して前記の作業負荷情報を得ることを特徴とする請求項8乃至12の何れか1項記載の熱中症発症予防方法。

【請求項14】

前記の各情報の伝送は、無線通信手段により送受信することを特徴とする請求項8乃至13の何れか1項記載の熱中症発症予防方法。

【請求項15】

前記の前兆が検出された時、警告を発することを特徴とする請求項8乃至14の何れか1項記載の熱中症発症予防方法。

【請求項16】

前記の前兆が検出された時、その関連情報を汎用端末に送信することを特徴とする請求項8乃至15の何れか1項記載の熱中症発症予防方法。

【請求項17】

前記の前兆が検出された時、その関連情報を汎用端末に送信し、個々人のデータを記録することを特徴とする請求項8乃至16の何れか1項記載の熱中症発症予防方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、暑熱環境において作業を行なう作業者の熱中症の発症を未然に防ぐための熱中症発症予防診断装置および熱中症発症予防方法に関するものである。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 2 】

製鉄設備は、連続操業を基本的前提とし、その設備保全作業も、設備の非稼働時間を短縮すべく、保全対象設備を冷却することなく、ほぼ稼働温度を維持したまま行われる熱間補修作業が基本となっている。

【 0 0 0 3 】

このような熱間補修作業は、熱気や湿気その他、輻射熱も加わった酷暑環境下で行われる。一般に、酷暑環境下での行動に伴うリスクレベルを判断する指標として用いられる「湿球黒球温度（以下、WBGTという。）」では、「31度」を、作業や運動の禁止基準値としているが、製鉄設備の熱間補修作業は、WBGTが31度を超える環境下での作業が避け難く、このような環境下での特別な安全対策が必要となる。

10

【 0 0 0 4 】

特に、熱間補修作業時には、輻射熱による火傷災害に対する安全防護対策が必須となり、作業者は、通常の防具であるヘルメットに加え、耐熱服や耐熱手袋の着用が義務付けられているため、身体から水分や塩分が失われやすく、熱中症を発症しやすい環境下にある。一方、こうした作業条件や環境条件下において、作業経験の浅い作業者は自分の限界を見極めることが難しく、無理をして熱中症を発症しやすい傾向があり、作業者の自主申告（主観的な情報）に依存しない熱中症発症予防システムが求められている。

【 0 0 0 5 】

熱中症の発症リスクを管理する技術として、作業者の直腸温が所定値（38～38.5）以上である時、過剰な暑熱負荷の下にあると判断して警告する技術（特許文献1）や、作業者の直腸温を直接測定する負担を回避すべく鼓膜温を測定し、その測定値を予測式に入力して直腸温を予測して、その予測値に基づいて熱中症の発症リスク管理を行う技術（特許文献2）が開示されている。

20

【 0 0 0 6 】

しかし、直腸温のような深部体温の変化は極めて早いことが知られており、直腸温の「異常」を検出する上記の従来技術では、直腸温に異常が生じる前段階では作業者に注意を促すことができず、重篤な熱中症を確実に回避するという観点からは、上記の従来技術では不十分であるという問題があった。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

30

【 0 0 0 7 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 9 - 1 0 8 4 5 1 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 1 3 - 0 4 8 8 1 2 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

本発明の目的は、前記の問題を解決し、作業者の深部体温に異常が生じる前段階で、その作業者の熱中症発症リスクを検出することができる技術を提供することである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

40

請求項1記載の発明では、上記課題を解決するために、熱中症発症予防診断装置において、「作業者の作業負荷情報を入力する作業負荷情報入力手段と、作業者の呼吸をリアルタイムで検出する呼吸センサと、作業者の拍動間隔をリアルタイムで検出する心電計と、前記の呼吸センサを用いて得られる呼吸曲線情報と、前記の心電計を用いて得られる心拍情報を、同期を取りながら記録する情報記録手段と、前記の情報記録手段に記録された呼吸曲線情報と心拍情報から、呼吸性洞性不整脈（RSA）を導出するRSA演算手段と、前記のRSA演算手段により算出されたRSA算出値と、前記の作業負荷情報を表示する表示手段を有する」構成を採用した。

【 0 0 1 0 】

この熱中症発症予防診断装置は、更に、前記の作業負荷情報に基づき、その正常時のR

50

S A 値を基準値として導出する R S A 基準値導出手段を有し、前記の表示手段は、この基準値と前記の R S A 算出値とを重ねて表示するものとするのが好ましい。

【 0 0 1 1 】

その他、この熱中症発症予防診断装置は、更に、作業者の（深部体温の代表値として）鼓膜温をリアルタイムで検出する鼓膜温計や、作業者の皮膚体温をリアルタイムで検出する皮膚温計や、作業者の発汗量をリアルタイムで検出する発汗計を有し、前記の表示手段は、これらの測定手段により検出される深部体温情報や、発汗量情報や、皮膚体温情報を、同時に表示するものとするのが好ましい。

【 0 0 1 2 】

また、この熱中症発症予防診断装置は、更に、作業者の運動量を検出する加速度計を有し、この加速度計を用いて、前記の作業負荷情報を得るものとするのが好ましい。また、前記の各情報の伝送を、無線で送受信する無線通信手段を有するものとするのが好ましい。

10

【 0 0 1 3 】

請求項 8 記載の発明では、上記課題を解決するために、請求項 1 記載の熱中症発症予防診断装置を用いて熱中症の前兆を検出する熱中症発症予防方法において、「作業開始前から作業と休憩を挟み作業終了後に亘って、R S A 算出値をリアルタイムに検出し、休憩の R S A 算出値の変化パターンと、（前記の）作業負荷情報入力手段を介して入力された作業負荷情報に基づいて熱中症の前兆を検出する」構成を採用した。

【 0 0 1 4 】

20

請求項 9 記載の発明では、更に、前記の作業負荷情報に基づき、その正常時の R S A 値を基準値として導出し、この基準値と前記の R S A 算出値とを重ねて表示するのが好ましく、請求項 10 記載の発明では、請求項 3 記載の熱中症発症予防診断装置を用いて熱中症の前兆を検出する熱中症発症予防方法において、「（作業開始前から作業と休憩を挟み作業終了後に亘って、R S A 算出値をリアルタイムに検出し、）休憩の R S A 算出値の変化パターンと、前記の作業負荷情報入力手段を介して入力された作業負荷情報と、深部体温情報に基づいて熱中症の前兆を検出する」構成を採用した。

【 0 0 1 5 】

請求項 11 記載の発明では、請求項 4 記載の熱中症発症予防診断装置を用いて熱中症の前兆を検出する熱中症発症予防方法において、「作業開始前から作業と休憩を挟み作業終了後に亘って、R S A 算出値をリアルタイムに検出し、）休憩の R S A 算出値の変化パターンと、前記の作業負荷情報入力手段を介して入力された作業負荷情報と、発汗量情報に基づいて、もしくは、休憩の R S A 算出値の変化パターンと、前記の作業負荷情報入力手段を介して入力された作業負荷情報と、深部体温情報と、発汗量情報に基づいて、熱中症の前兆を検出する」構成を採用した。

30

【 0 0 1 6 】

請求項 12 記載の発明では、請求項 5 記載の熱中症発症予防診断装置を用いて熱中症の前兆を検出する熱中症発症予防方法において、「（作業開始前から作業と休憩を挟み作業終了後に亘って、R S A 算出値をリアルタイムに検出し、）休憩の R S A 算出値の変化パターンと、前記の作業負荷情報入力手段を介して入力された作業負荷情報と、皮膚体温情報に基づいて、もしくは、休憩の R S A 算出値の変化パターンと、前記の作業負荷情報入力手段を介して入力された作業負荷情報と、深部体温情報と、発汗量情報に基づいて、もしくは、休憩の R S A 算出値の変化パターンと、前記の作業負荷情報入力手段を介して入力された作業負荷情報と、皮膚温情報と、発汗量情報に基づいて、熱中症の前兆を検出する」構成を採用した。また更に加速度計を用いて作業者の運動量を検出して前記の作業負荷情報を得る構成も好ましい。

40

【 0 0 1 7 】

前記の前兆が検出された時には、警告を発したり、その関連情報を汎用端末に送信したり、個々人のデータを記録するものとするのが好ましい。

【 発明の効果 】

50

【 0 0 1 8 】

人体には、外部の環境変化にかかわらず、体温や血圧、血糖値など、体内環境を常に最適な状態に保つ仕組み（恒常性（ホメオスタシス））が備わっているが、熱中症とは、高温多湿の環境下で、この体温や体液恒常性維持に異常を来した状態を意味する。恒常性には自律神経、内分泌系、免疫系の3つの働きが深くかかわっており、それはストレスなどにも大きく影響されることが知られているが、本発明では、ストレスの指標として「作業負荷」を使用し、このストレスに対する「自律神経の働き」を指標として、熱中症の検出を行っている。

【 0 0 1 9 】

具体的には、本発明では、「作業者の作業負荷情報を入力する作業負荷情報入力手段と、作業者の呼吸をリアルタイムで検出する呼吸センサと、作業者の拍動間隔をリアルタイムで検出する心電計と、前記の呼吸センサを用いて得られる呼吸曲線情報と、前記の心電計を用いて得られる心拍情報を、同期を取りながら記録する情報記録手段と、前記の情報記録手段に記録された呼吸曲線情報と心拍情報から、呼吸性洞性不整脈（RSA）を導出するRSA演算手段と、前記のRSA演算手段により算出されたRSA算出値と、前記の作業負荷情報を表示する表示手段」を有する熱中症発症予防診断装置を使用して、副交感神経活動により示されるストレスの評価指標として知られるRSAのリアルタイム変動と、作業負荷情報の相関関係を分析することにより、恒常性の維持機能に変調を来した段階で、即座にその変調を検出している。

【 0 0 2 0 】

なお、深部体温の異常は、恒常性の維持機能に変調を来した結果として生じる現象であるため、恒常性の維持機能に変調を来したことを指標として熱中症を検出する本発明によれば、深部体温の異常を指標として熱中症を検出していた従来技術に比べて、より早い段階で作業者に注意を促すことができ、重篤な熱中症を確実に回避することができる。

【 0 0 2 1 】

また、同一の作業負荷の条件下でも、各人の、その時々々の自律神経の働きにより、熱中症リスク程度は異なるところ、本発明によれば、休憩のタイミングや休憩時間を、個人差を含め定量的に把握できるため、作業者の自主申告（主観的な情報）に依存することなく、労働作業の適正化と最適化を図ることができる。また、労働環境の適正化を測る過程で作業者の生体負荷を定量化できるので、作業設計の合理化を通して、作業者の健康を維持するとともに、特に体調不良起因のヒューマンエラーによる災害発生を未然に防止することができる。同時に、同一の作業負荷の条件下でも、各人の、その時々々の自律神経の働きだけでなく、「個人に依存する特性」や「個人の作業への習熟度」で熱中症リスク程度は異なる。そこで、個々人ごとに自律神経の働きを記録するデータベース16を持たせることで、更に熱中症発生リスクを回避できる。

【 0 0 2 2 】

体温情報として深部体温情報もしくは皮膚温或いは発汗量情報の少なくとも何れかをRSA算出値と合わせて、作業負荷情報との相関関係分析を行うことにより、より早い段階で、熱中症の前兆を検出することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 3 】

【図1】本実施形態に係る熱中症発症予防診断装置の要部概略構成図である。

【図2】熱中症発症防止診断装置とその装置を装着した作業者の生体情報の関係を示すフロー図である。

【図3】瞬時肺容量（ILV）の最小値（吸気開始）および最大値（吸気終了）のタイミングとRRとの関係を示す図である。

【図4】リアルタイムに検出されたRSAの振幅（a）とオフライン処理により検出されたRSAの振幅（b）とを対比して示す図である。

【図5】正常な作業者の作業負荷時及び休憩時におけるRSAの波形パターンである。

【図6】熱中症のリスクが高い作業者の負荷時及び休憩時におけるRSAの波形パターン

10

20

30

40

50

である。

【図 7】正常な作業者の作業負荷時及び休憩時における各生体信号（RSA、発汗量及び深部体温或いは皮膚温）の波形パターンである。

【図 8 a】生体の適応度の出力として RSA に加えて、深部体温或いは皮膚温と発汗量を計測したケースの波形パターンの拡大図である。

【図 8 b】生体の適応度の出力として RSA に加えて、深部体温或いは皮膚温を計測したケースの波形パターンの拡大図である。

【図 8 c】作業と休憩の繰り返し替えの期間に於いて RSA に体調不調の兆候が現れた波形パターンを示した図である。

【図 8 d】作業と休憩の繰り返し替えの期間に於いて RSA 及び深部体温或いは皮膚温に体調不調の兆候が現れた波形パターンを示した図である。

【図 8 e】作業と休憩の繰り返し替えの期間に於いて RSA に加えて、深部体温或いは皮膚温と発汗量に体調不調の兆候が現れた波形パターンを示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下に本発明の好ましい実施形態を示す。

【0025】

本実施形態の熱中症発症予防診断装置は、図 1 に示すように、生体の自律神経活動を計測する手段として、呼吸センサ 1 と心電計 2 を備え、作業者に取り付けで使用される。この熱中症発症予防診断装置では、呼吸センサ 1 を用いて得られる生体の呼吸データ（例えば ILV）と、心電計 2 を用いて求められる生体の心拍データ（RRI）とに基づいて呼吸位相領域での心拍変動を解析し、拍動間隔（RRI；R-R Interval / R 波成分の時間間隔）の変動量を示す呼吸性洞性不整脈（RSA）の算出を行っている。

【0026】

一般には、RSA は、従来一般的には RRI を高速フーリエ変換等により周波数解析し、呼吸と同じ周波数帯（例えば 0.25 Hz 程度）のパワーとして求められるが、本実施形態の熱中症発症予防診断装置では、一呼吸における心拍動の呼吸性変動成分に着目し、その最小値と最大値の検出タイミングにおける拍動間隔（RRI）の差を求めることで、一呼吸毎に RSA の振幅成分をリアルタイムに求めている。

【0027】

更に、本実施形態の熱中症発症予防診断装置は、作業者の作業負荷情報を入力する作業負荷情報入力手段として、作業者への作業負荷により加えられるストレスを計測する加速度計 3 を備えている。

【0028】

また、本実施形態の熱中症発症予防診断装置は、作業者の作業負荷に加えられたストレスに対応する作業者の生体の適応度を計測する手段として、鼓膜温計 4 と、皮膚温計 5 と、発汗計 6 を備えている。

【0029】

図 2 に示すように、本実施形態の熱中症発症予防診断装置 7 は、作業者の人体 8 に取り付けで使用される。また、個々人ごとに自律神経の働きを記録するデータベース 16 が設置されている。データベースは内蔵型記憶媒体、あるいは/また外部記憶装置に接続されている。なお、3、4、6、9、11 の情報はデータベース 16 にすべて記録され、個々人の体調との照合に使用され、熱中症発病予防装置 7 の判断精度を向上させる。

【0030】

本実施形態の熱中症発症予防診断方法では、作業者の作業負荷情報を入力する作業負荷情報入力手段として、前記の加速度計 3 の他、作業空間の湿度や輻射熱等の環境負荷を検出する WBGT 計 9 を併用している。

【0031】

人体には、外部の環境変化にかかわらず、体温や血圧、血糖値など、体内環境を常に最適な状態に保つ仕組み（恒常性（ホメオスタシス））が備わっているが、熱中症とは、高

10

20

30

40

50

温多湿の環境下で、この体温や体液恒常性維持に異常を来した状態を意味する。恒常性には自律神経、内分泌系、免疫系の3つの働きが深くかかわっており、それはストレスなどにも大きく影響されることが知られているが、本発明では、ストレスの指標として「作業負荷」を使用し、このストレスに対する「自律神経10の働き」を指標として、熱中症の検出を行っている。

【0032】

具体的には、ストレス(=暑熱環境下での作業)の負荷時に、生体内で、体温の恒常性維持を図るべく自律神経が働き、主に発汗を通じて体温調節が行われる一連の現象において、作業負荷や環境条件の変化によって人体に加わるストレス」を入力データ、「自律神経10の働き」を制御機構、「鼓膜温計4や皮膚温計5や発汗計6の計測値」を出力データと位置づけ、制御機構の機能を示す指標としてRSA算出値11を使用して、これらの入力データとRSA算出値11と出力データとの相関関係の分析により、熱中症の前兆を検出している。

10

【0033】

本実施形態では、熱中症の前兆を確実に検出するために、作業開始前から作業と休憩を挟み作業終了後に亘って、RSAを、常時、リアルタイムに検出しながら、前記の相関関係分析を行っている。なお、自律神経10の活動の計測対象であるRSAは、心電波形の揺らぎであるため、ある程度の時間経過における移動平均値として算出されるのが一般的である。長時間にわたる比較的变化の少ない作業においては、このような通常の手順で得られるRSAに基づいて、作業者の体調を管理する手法でも実用上問題がないが、製鉄設備の熱間補修作業等の特に厳しい環境条件や負荷条件では、心電波形の揺らぎの変化が速くしかも大きいため、作業中におけるRSAをリアルタイムで計測することが重要である。

20

【0034】

以下、RSAをリアルタイムに演算・検出する方法について説明する。

【0035】

呼吸センサ1を用いて時間遅れなく求められる生体の呼吸データ(例えば瞬時肺容量; ILV)を、直線位相FIR(Finite Impulse Response)フィルタ等からなるローパスフィルタ12を通してピーク検出器13に導き、図3にその概念を示すように一呼吸における瞬時肺容量(ILV)の最小値(吸気開始)と最大値(吸気終了)とをそれぞれリアルタイムに検出する。そして前記心電計2から求められるR波の間隔系列を補間回路14を介して補間処理し、この補間処理を経て求められる連続的な心拍データ(RRI)を、データ抽出部15において、前記ピーク検出器13による最小値および最大値の検出タイミングにてそれぞれサンプリングし、これによって最小値検出タイミングでの拍動時間RRI_{min}と、最大値検出タイミングでの拍動時間RRI_{max}とを求め、これらの差(=RRI_{min}-RRI_{max})を一呼吸における呼吸性洞性不整脈(RSA)の振幅成分として検出する。

30

【0036】

図4は、上記の熱中症発症予防診断装置7を用いたリアルタイム処理により10分間に亘って連続して求められたRSA(特性A)と、一般的なオフライン処理での生体負荷検査装置により求められRSA(特性B)とを対比して示したものである。RSA値は、ストレス負荷時には低減し、休憩を経て上昇(ストレス負荷前の値に復帰)する。

40

【0037】

図4に示されるようにRSAの振幅の時間的变化は、リアルタイム処理による場合とオフライン処理のものとは殆ど違いはない。従って前述したように一呼吸における瞬時肺容量(ILV)の最小値(呼気開始)と最大値(呼気終了)とに着目し、これらの各呼吸位相でのRRIの差をRSAの振幅としてリアルタイムに検出しても、その検出結果からRSAを評価する上で全く問題がない。

【0038】

換言すれば生体の副交感神経活動を示すRSAをリアルタイムに求め、そのストレス

50

状態をリアルタイムに評価できる。

【0039】

更に作業時のRSA振幅の低下と、休憩時のRSA振幅の上昇をリアルタイムに捉え得ることができる。故に生体の作業負荷（MWL；Mental Workload）をリアルタイムに評価し、バイタルサインモニタリングと作業環境との融合を目指す上で極めて有用である。

【0040】

以下、図5～図8に、本発明の実施例を示す。図5～図8において、Tsは作業者にストレスが付与されている時間、Trは作業者が休憩している時間、Trnは正常時におけるストレス付与後初期状態に戻るまでの時間、Riは初期状態（休憩）のRSA値、Rrは休憩時間終了後のRSA値、Trabは体調不調時におけるストレス付与後、初期状態に戻るまでの時間を意味する。

10

【0041】

（正常時のRSA値の変化パターン）

正常時のRSA値の変化パターンは、図5に示すように、Ts Tr TrnかつRi Rrとなる。各作業者ごとに、所定の作業負荷に対するRSA値の正常な変化パターンを、基準値として熱中症発症予防診断装置に記憶させておくことが好ましい。

【0042】

（非正常時のRSA値の変化パターン）

図6に示すように、休憩終了時のRrが、Riまで戻らない場合、警告を発し、その差が著しい場合は異常と診断することができる。例えば、RSAの復帰が、作業時間の2倍以上かかるようであれば異常の兆候ありと判断される。こうした関係を利用して生体における休憩程度や適正な休憩時間の見積もりが可能である。即ち、休憩終了時のRrが、初期値Riまで戻らない場合、休憩不十分と判定できる。個人による休憩時間のばらつきを勘案した適正な休憩時間を設定することができる。

20

【0043】

図7は、生体の適応度の出力としてRSAに加えて、体温情報としての深部体温或いは皮膚温と発汗量を計測した実施例である。体温情報としては、発汗量の影響を受けにくい深部体温を計測するのが好ましい。深部体温として早期に異常を検出する対象としては直腸温が最も望ましいが、今回測定の対象とする健康な作業者を常時測定する方法としては好ましくない。そこで、深部体温としては直腸温に比べて測定しやすく発汗の影響も受けにくく早期に異常を検出する対象として鼓膜温を測定値として採用するのが好ましい。深部体温情報の測定の煩わしさを補い簡便に測定する方法としては皮膚温を測定する場合でもよい。

30

図7aは、作業全体の流れにおける各生体信号の波形パターンを示す図であり、図7bは、波形パターンを拡大した図である。

【0044】

正常な状況における各生体信号の波形パターンを説明する。作業負荷が加わるとRSAの値は低下し、休憩すると元の値になだらかに復帰する。発汗量は、作業開始時に急激に増加し作業を終えるまでその量は維持され、休憩に入ると急激に発汗量が低下する。深部体温は、作業開始時に発汗量の影響と思われるが一旦低下し、なだらかに増加するが一定の値以下に維持され、休憩に入るとすぐに元の体温に復帰する。

40

【0045】

図8a～図8eは、生体の適応度の出力としてRSAに加えて、体温情報として深部体温或いは皮膚温と発汗量を計測したケース或いは深部体温或いは皮膚温を計測した実施例において、体調に不調な兆候が現れた際のRSAの変化パターンについて説明している。

【0046】

図8aは生体の適応度の出力としてRSAに加えて、体温情報として深部体温或いは皮膚温と発汗量を計測したケースの波形パターンの拡大図であり、図8bは生体の適応度の出力としてRSAに加えて、深部体温或いは皮膚温を計測したケースの波形パターンの拡大図である。図8cは、作業と休憩の繰り返し替えの期間に於いてRSAに体調不調の兆候が

50

現れた波形パターンを示した図である。図 8 d は、作業と休憩の繰り返しに於いて R S A 及び深部体温或いは皮膚温に体調不調の兆候が現れた波形パターンを示した図である。図 8 e は作業と休憩の繰り返しに於いて R S A に加えて、深部体温或いは皮膚温と発汗量に体調不調の兆候が現れた波形パターンを示した図である。何れも、それぞれの計測に基づく波形パターン（実線）と、正常状態における波形パターン（破線。異常判断の基準とする基準値とする。）を重ねて示している。

【 0 0 4 7 】

図 8 c、d、e において各種の体調に不調の兆候が現れるパターンが示されている。

【 0 0 4 8 】

図 8 c は、休憩後、作業に戻る場合に最初の R S A の値に復帰していない場合を示している。これらの異常な波形パターンに加え、深部体温或いは皮膚温も高めに推移する場合もあり、その兆候が現れたケースを図 8 d に示している。図 8 e は、R S A に加え、深部体温或いは皮膚温と発汗量に異常な波形パターンが示された場合である。

10

【 0 0 4 9 】

作業開始時、R S A が低下するタイミングに遅れがあったり、或いは発汗量の増加のタイミングに遅れがあった場合、或いは休憩に入って以降復帰のタイミングが遅い場合、注意を喚起させ、著しい場合は異常と判定し、本人及び管理者に警告することが考えられる。

【 0 0 5 0 】

作業開始後、発汗量の増加が小さい場合、もしくは深部体温或いは皮膚温の上昇が避けられない場合、注意を喚起させ、著しい場合は異常と判定し、本人及び管理者に警告することが考えられる。

20

【 0 0 5 1 】

熟練者の場合は、作業開始時の R S A の低下が少ない場合があるが、これは熟練による効果であり、他の皮膚温や発汗量の波形パターンとの組み合わせにより不調な兆候を判定するのが望ましい。

【 0 0 5 2 】

こうした作業中の R S A、皮膚温或いは深部体温或いは発汗等の生体信号をリアルタイムに検出しながら、作業開始や休憩のタイミングや本人の通常値との差異により異常を判定することが考えられる。

30

【 0 0 5 3 】

これらの生体情報や異常判定情報は無線化により、本人だけでなく管理者にも共有することができる。

【 0 0 5 4 】

各センサについては一般の仕様のセンサを用いてもかまわない。これらのセンサについては、コンパクト化や一体化により、作業者の負担にならずに生体情報を定量的に検出することが容易になることが期待される。また、作業開始時に、個々人の各種情報を記録したデータベース 6 と現状の作業者の状態を比較検証することにより、発汗量あるいは深部体温の増減や R S A の増減を検出して、熱中症発病状況検出精度を向上させる。

【 符号の説明 】

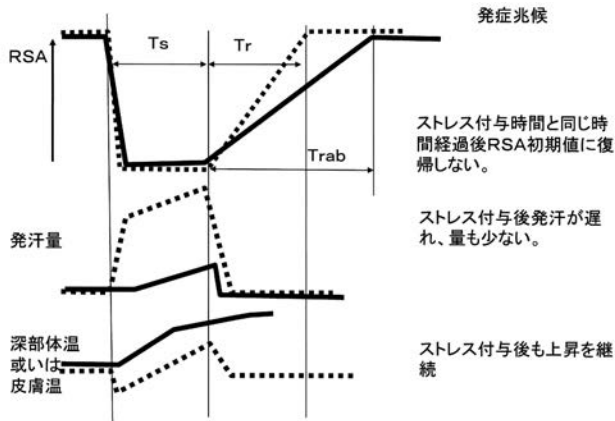
40

【 0 0 5 5 】

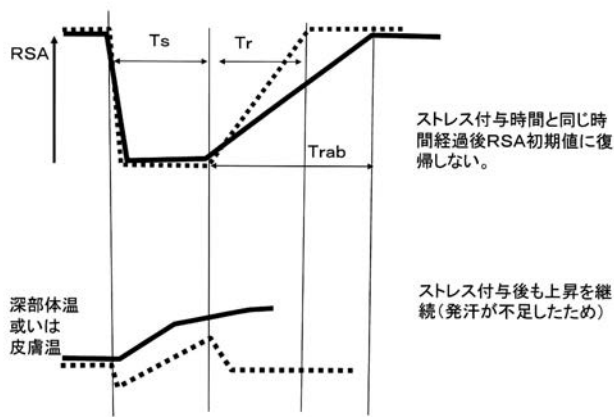
- 1 呼吸センサ
- 2 心電計
- 3 加速度計
- 4 鼓膜温計
- 5 皮膚温計
- 6 発汗計
- 7 熱中症発症予防診断装置
- 8 人体
- 9 W B G T 計

50

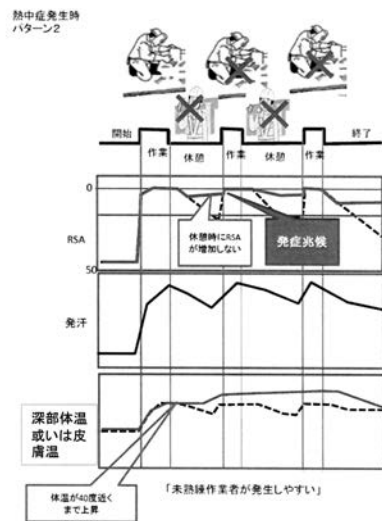
【図 8 a】



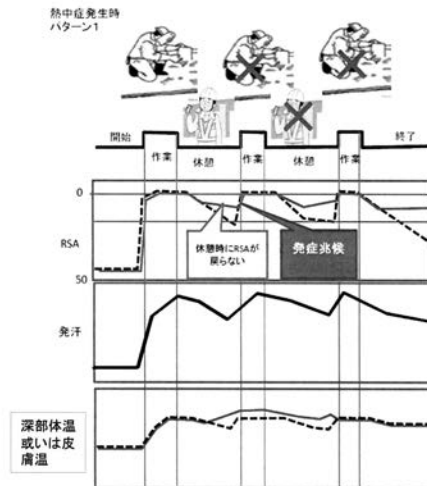
【図 8 b】



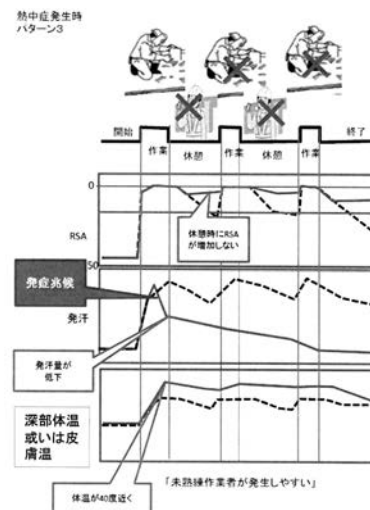
【図 8 d】



【図 8 c】



【図 8 e】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 5/0245 (2006.01)	A 6 1 B 5/00	1 0 1 K
	A 6 1 B 5/00	1 0 1 E
	A 6 1 B 5/02	3 2 2

(72)発明者 小谷 潔

東京都文京区本郷七丁目 3 番 1 号 国立大学法人東京大学内

F ターム(参考) 4C027 AA02 BB05 GG05 GG07 GG18 JJ03

4C038 SS04

4C117 XA05 XB11 XB12 XC15 XD09 XE06 XE13 XE17 XE23 XE24

XE26 XE56 XE62 XG12 XG19 XG33 XG35 XG39 XG40 XJ11

XJ27 XJ34 XJ38 XJ45 XL11 XN04 XP12 XQ20

5L099 AA04

专利名称(译)	用于预防和诊断中暑疾病的装置和预防中暑疾病的方法		
公开(公告)号	JP2017027123A	公开(公告)日	2017-02-02
申请号	JP2015141896	申请日	2015-07-16
[标]申请(专利权)人(译)	国立大学法人 东京大学		
申请(专利权)人(译)	新日铁住金株式会社 东京大学		
[标]发明人	内田 貴之 寺島 英俊 小谷 潔		
发明人	内田 貴之 寺島 英俊 小谷 潔		
IPC分类号	G06Q50/22 A61B5/00 A61B5/01 A61B5/08 A61B5/0452 A61B5/0245		
FI分类号	G06Q50/22.106 A61B5/00.102.C A61B5/00.101.D A61B5/08 A61B5/04.312.U A61B5/00.101.K A61B5/00.101.E A61B5/02.322 A61B5/01 A61B5/01.100 A61B5/01.350 A61B5/02.712 A61B5/0245.200 G06Q50/22 G16H20/00 G16H50/00		
F-TERM分类号	4C027/AA02 4C027/BB05 4C027/GG05 4C027/GG07 4C027/GG18 4C027/JJ03 4C038/SS04 4C117/XA05 4C117/XB11 4C117/XB12 4C117/XC15 4C117/XD09 4C117/XE06 4C117/XE13 4C117/XE17 4C117/XE23 4C117/XE24 4C117/XE26 4C117/XE56 4C117/XE62 4C117/XG12 4C117/XG19 4C117/XG33 4C117/XG35 4C117/XG39 4C117/XG40 4C117/XJ11 4C117/XJ27 4C117/XJ34 4C117/XJ38 4C117/XJ45 4C117/XL11 4C117/XN04 4C117/XP12 4C117/XQ20 5L099/AA04 4C127/AA02 4C127/BB05 4C127/GG05 4C127/GG07 4C127/GG18 4C127/JJ03		
其他公开文献	JP6439182B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种技术，能够在工人的体温发生异常之前的阶段检测工人的中暑发作风险。解决方案：中暑发病预防诊断装置采用的配置包括：工作负载信息输入装置，用于输入工人的工作负载信息；呼吸传感器，实时检测工人的呼吸；一种能够实时检测工人脉动间隔的心电图仪；信息记录装置，用于同步记录使用呼吸传感器获得的呼吸曲线信息和使用心电图仪获得的心跳信息；RSA计算是指从呼吸曲线信息和记录在信息记录装置中的热搏信息中导出呼吸性窦性心律不齐（RSA）；显示装置显示由RSA计算装置计算的RSA计算值和工作负荷信息。图1：图1

