

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4547547号
(P4547547)

(45) 発行日 平成22年9月22日(2010.9.22)

(24) 登録日 平成22年7月16日(2010.7.16)

(51) Int.Cl.		F I			
G06T	7/60	(2006.01)	G06T	7/60	150P
G01B	11/00	(2006.01)	G01B	11/00	A
G06T	1/00	(2006.01)	G06T	1/00	340A

請求項の数 9 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2004-140351 (P2004-140351)	(73) 特許権者	393031586
(22) 出願日	平成16年5月10日(2004.5.10)		株式会社国際電気通信基礎技術研究所
(65) 公開番号	特開2005-322077 (P2005-322077A)		京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
(43) 公開日	平成17年11月17日(2005.11.17)	(74) 代理人	100067828
審査請求日	平成19年3月8日(2007.3.8)		弁理士 小谷 悦司
(出願人による申告)平成16年度独立行政法人情報通信研究機構、研究テーマ「超高速知能ネットワーク社会に向けた新しいインタラクション・メディアの研究開発」に関する委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受ける特許出願		(74) 代理人	100096150
特許権者において、実施許諾の用意がある。			弁理士 伊藤 孝夫
		(74) 代理人	100099955
			弁理士 樋口 次郎
		(74) 代理人	100109438
			弁理士 大月 伸介
		(72) 発明者	内海 章
			京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
			株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 頭部姿勢推定装置、頭部姿勢推定方法及び頭部姿勢推定処理プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

人間の胸部に装着され、当該人間の頭部を観測する頭部観測手段と、
前記頭部観測手段により観測された情報から頭部の姿勢を推定する頭部姿勢推定手段と

、
前記人間の胸部に装着され、前記人間の前方の画像を撮影する前方撮影手段と、
前記頭部姿勢推定手段により推定された頭部の姿勢に基づいて前記前方撮影手段により撮影された画像から前記人間の視線方向の画像を抽出する視線画像抽出手段とを備えることを特徴とする頭部姿勢推定装置。

【請求項2】

人間の胸部に装着され、当該人間の頭部を観測する頭部観測手段と、
前記頭部観測手段により観測された情報から頭部の姿勢を推定する頭部姿勢推定手段と

、
前記頭部観測手段と一体的に固定され、前記人間の前方の画像を撮影する前方撮影手段と、

前記頭部姿勢推定手段により推定された頭部の姿勢に基づいて前記前方撮影手段により撮影された画像から前記人間の視線方向の画像を抽出する視線画像抽出手段とを備えることを特徴とする頭部姿勢推定装置。

【請求項3】

人間の胸部に装着され、当該人間の頭部を観測する頭部観測手段と、

前記頭部観測手段により観測された情報から頭部の姿勢を推定する頭部姿勢推定手段とを備え、

前記頭部観測手段は、人間の胸部に装着され、当該人間の頭部及び胴部を含む画像を撮影する頭部撮影手段を含み、

前記頭部姿勢推定手段は、

前記頭部撮影手段により撮影された画像から人間の頭部及び胴部を含む人物領域を抽出する領域抽出手段と、

前記人物領域において頭部と胴部との境界を表す境界線を決定するとともに、前記境界線の中点を決定する境界線決定手段と、

前記人物領域のうち前記境界線により頭部として区分された領域から、前記境界線の中点からの距離が最大となる先端点を抽出する先端点抽出手段と、

前記先端点の位置を基に頭部の姿勢を推定する推定手段とを含むことを特徴とする頭部姿勢推定装置。

【請求項 4】

人間の胸部に装着され、前記頭部撮影手段により撮影される人物の頭部及び胴部を、赤外線を用いて照明する赤外線照明手段をさらに備え、

前記頭部撮影手段は、前記赤外線照明手段により赤外線照明された人間の頭部及び胴部を含む赤外線画像を撮影する赤外線撮影手段を含み、

前記領域抽出手段は、前記赤外線撮影手段により撮影された赤外線画像から人間の頭部及び胴部を含む人物領域を抽出することを特徴とする請求項 3 記載の頭部姿勢推定装置。

【請求項 5】

前記推定手段は、前記先端点の位置から前記境界線の中点を回転中心とする頭部の水平角度及び垂直角度を推定することを特徴とする請求項 3 又は 4 記載の頭部姿勢推定装置。

【請求項 6】

前記頭部撮影手段と一体に固定され、前記頭部撮影手段を装着した人間の正面方向の画像を撮影する正面撮影手段と、

前記推定手段により推定された頭部の姿勢を基に、前記正面撮影手段により撮影された画像から前記頭部撮影手段を装着した人間の視線方向の画像を抽出する画像抽出手段とをさらに備えることを特徴とする請求項 3 ~ 5 のいずれかに記載の頭部姿勢推定装置。

【請求項 7】

前記境界線を基に人間に対する前記頭部撮影手段及び前記正面撮影手段の姿勢変化量を算出する算出手段をさらに備え、

前記画像抽出手段は、前記算出手段により算出された前記頭部撮影手段及び前記正面撮影手段の姿勢変化量並びに前記推定手段により推定された頭部の姿勢を基に、前記正面撮影手段により撮影された画像から前記頭部撮影手段を装着した人間の視線方向の画像を抽出することを特徴とする請求項 6 記載の頭部姿勢推定装置。

【請求項 8】

領域抽出手段、境界線決定手段、先端点抽出手段及び推定手段として機能するコンピュータを用い、人間の頭部及び胴部を含む画像を撮影する頭部撮影手段を胸部に装着した人間の頭部の姿勢を推定する頭部姿勢推定方法であって、

前記領域抽出手段が、前記頭部撮影手段により撮影された画像から人間の頭部及び胴部を含む人物領域を抽出するステップと、

前記境界線決定手段が、前記人物領域において頭部と胴部との境界を表す境界線を決定するとともに、前記境界線の中点を決定するステップと、

前記先端点抽出手段が、前記人物領域のうち前記境界線により頭部として区分された領域から、前記境界線の中点からの距離が最大となる先端点を抽出するステップと、

前記推定手段が、前記先端点の位置を基に頭部の姿勢を推定するステップとを含むことを特徴とする頭部姿勢推定方法。

【請求項 9】

人間の頭部及び胴部を含む画像を撮影する頭部撮影手段を胸部に装着した人間の頭部の

10

20

30

40

50

姿勢を推定するための頭部姿勢推定処理プログラムであって、

前記頭部撮影手段により撮影された画像から人間の頭部及び胴部を含む人物領域を抽出する領域抽出手段と、

前記人物領域において頭部と胴部との境界を表す境界線を決定するとともに、前記境界線の中点を決定する境界線決定手段と、

前記人物領域のうち前記境界線により頭部として区分された領域から、前記境界線の中点からの距離が最大となる先端点を抽出する先端点抽出手段と、

前記先端点の位置を基に頭部の姿勢を推定する推定手段としてコンピュータを機能させることを特徴とする頭部姿勢推定処理プログラム。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、人間の頭部の姿勢を推定する頭部姿勢推定装置、頭部姿勢推定方法及び頭部姿勢推定処理プログラムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、コンピュータ、カメラ及びセンサ等の小型化により、様々なセンサを人間に装着することが可能となっている。そのため、ユーザがコンピュータ等を身につけることにより、ユーザがどこにいてもユーザに対する情報提示など、日常生活における支援を行うことが可能になると考えられている。このような研究は「ウェアラブル コンピューティング」と呼ばれ、様々な研究が行われている。

20

【0003】

また、ウェアラブルな装置を用いることにより、ユーザの行動の記録及び解析を目指した研究もなされている。このような研究においては、得られた情報に対して自動的にタグ付けを行うことが重要であり、加えて、人物の行動の記録や注目対象の検出なども必要となる。人の行動を記録するための方法としては、例えば、音声情報、映像情報、位置及びジェスチャ等の身体の動き情報、心拍、発汗及び呼吸等の生理的情報など様々なものが考えられる。これらの情報を得るためには、マイクロフォン、カメラ、ジャイロセンサ、GPS (global positioning system)、皮膚センサなどが用いられる。

【0004】

30

上記の情報の中で映像情報、特に、ユーザの視点からの映像には、周囲の状況に加えて、ユーザの注目対象、ユーザの頭部運動についての情報が含まれるため、行動を記録及び解析する上で重要と考えられる。そのため、多くの研究では、ユーザの視野映像を得るためにヘッドマウントカメラを用いている（非特許文献1参照）。

【非特許文献1】角康之他、「複数センサ群による協調的なインタラクションの記録」、インタラクション 2003、2003年、p. 255 - p. 262

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、ヘッドマウントカメラを着脱することはユーザにとって面倒な作業であり、また、ヘッドマウントカメラを頭部に装着することによってユーザが疲労し、さらには、ヘッドマウントカメラの頭部への装着が周囲の人間に対して視覚的な違和感を与える等の種々の問題があり、日常的にヘッドマウントカメラを装着することは困難である。また、ヘッドマウントカメラをユーザの視線方向と正確に一致させて固定することが困難であるため、頭部運動によりヘッドマウントカメラと視線方向にズレが生じ、ユーザの頭部の姿勢を正確に推定することは困難である。

40

【0006】

本発明の目的は、第三者に対して視覚的な違和感を与えることなく、着脱及び使用が容易で且つユーザの頭部の姿勢を正確に推定することができる頭部姿勢推定装置、頭部姿勢推定方法及び頭部姿勢推定処理プログラムを提供することである。

50

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る頭部姿勢推定装置は、人間の胸部に装着され、当該人間の頭部を観測する頭部観測手段と、前記頭部観測手段により観測された情報から頭部の姿勢を推定する頭部姿勢推定手段と、前記人間の胸部に装着され、前記人間の前方の画像を撮影する前方撮影手段と、前記頭部姿勢推定手段により推定された頭部の姿勢に基づいて前記前方撮影手段により撮影された画像から前記人間の視線方向の画像を抽出する視線画像抽出手段とを備えるものである。

【0008】

本発明に係る頭部姿勢推定装置においては、人間の胸部に装着された頭部観測手段により当該人間の頭部が観測され、観測された情報から頭部の姿勢が推定されるので、ヘッドマウントカメラのようにユーザの頭部に観測手段を装着することなく、頭部の姿勢を推定することができ、第三者に対して視界的な違和感を与えることなく、着脱及び使用が容易で且つユーザの頭部の姿勢を正確に推定することができる。また、推定された頭部の姿勢に基づいて前方撮影手段により撮影された画像から人間の視線方向の画像を抽出しているので、ユーザの視線方向の画像すなわちユーザが注目しているものを正確に検出することができる。

【0009】

本発明に係る他の頭部姿勢推定装置は、人間の胸部に装着され、当該人間の頭部を観測する頭部観測手段と、前記頭部観測手段により観測された情報から頭部の姿勢を推定する頭部姿勢推定手段と、前記頭部観測手段と一体的に固定され、前記人間の前方の画像を撮影する前方撮影手段と、前記頭部姿勢推定手段により推定された頭部の姿勢に基づいて前記前方撮影手段により撮影された画像から前記人間の視線方向の画像を抽出する視線画像抽出手段とを備える。

【0010】

この場合、推定された頭部の姿勢に基づいて前方撮影手段により撮影された画像から人間の視線方向の画像を抽出しているので、ユーザの視線方向の画像すなわちユーザが注目しているものを正確に検出することができる。また、前方撮影手段が頭部観測手段と一体的に固定されているので、前方撮影手段と頭部観測手段との位置関係が変化せず、ユーザが注目しているものをより正確に検出することができる。

【0011】

本発明に係る他の頭部姿勢推定装置は、人間の胸部に装着され、当該人間の頭部を観測する頭部観測手段と、前記頭部観測手段により観測された情報から頭部の姿勢を推定する頭部姿勢推定手段とを備え、前記頭部観測手段は、人間の胸部に装着され、当該人間の頭部及び胸部を含む画像を撮影する頭部撮影手段を含み、前記頭部姿勢推定手段は、前記頭部撮影手段により撮影された画像から人間の頭部及び胸部を含む人物領域を抽出する領域抽出手段と、前記人物領域において頭部と胸部との境界を表す境界線を決定するとともに、前記人物領域のうち前記境界線により頭部として区分された領域から、前記境界線の中点からの距離が最大となる先端点を抽出する先端点抽出手段と、前記先端点の位置を基に頭部の姿勢を推定する推定手段とを含む。

【0012】

この場合、頭部撮影手段により人間の頭部及び胸部を含む画像が撮影され、撮影された画像から人間の頭部及び胸部を含む人物領域が抽出され、抽出された人物領域において頭部と胸部との境界を表す境界線が決定されるとともに、境界線の中点が決定され、境界線の中点からの距離が最大となる先端点が人物領域のうち境界線により頭部として区分された領域から抽出され、抽出された先端点の位置を基に頭部の姿勢が推定されるので、ユーザの頭部の姿勢を正確に推定することができる。また、頭部撮影手段は人間の胸部に装着され、ヘッドマウントカメラのようにユーザの頭部に装着する必要がないため、第三者に対して視界的な違和感を与えることなく、容易に着脱及び使用することができる。

【0013】

前記頭部姿勢推定装置は、人間の胸部に装着され、前記頭部撮影手段により撮影される人物の頭部及び胴部を、赤外線を用いて照明する赤外線照明手段をさらに備え、前記頭部撮影手段は、前記赤外線照明手段により赤外線照明された人間の頭部及び胴部を含む赤外線画像を撮影する赤外線撮影手段を含み、前記領域抽出手段は、前記赤外線撮影手段により撮影された赤外線画像から人間の頭部及び胴部を含む人物領域を抽出することが好ましい。

【0014】

この場合、赤外線を用いて照明された人物の頭部及び胴部を撮影した赤外線画像から人間の頭部及び胴部を含む人物領域を抽出することができるので、人物領域とその他の背景領域とを明確に区分することができ、人物領域を高精度に抽出することができる。

10

【0015】

前記推定手段は、前記先端点の位置から前記境界線の中点を回転中心とする頭部の水平角度及び垂直角度を推定することが好ましい。この場合、先端点の位置から境界線の中点を回転中心とする頭部の水平角度及び垂直角度を推定しているので、ユーザの頭部の姿勢を正確に推定することができる。

【0016】

前記頭部姿勢推定装置は、前記頭部撮影手段と一体に固定され、前記頭部撮影手段を装着した人間の正面方向の画像を撮影する正面撮影手段と、前記推定手段により推定された頭部の姿勢を基に、前記正面撮影手段により撮影された画像から前記頭部撮影手段を装着した人間の視線方向の画像を抽出する画像抽出手段とをさらに備えることが好ましい。

20

【0017】

この場合、推定された頭部の姿勢を基に正面撮影手段により撮影された画像から頭部撮影手段を装着した人間の視線方向の画像を抽出しているので、ユーザの視線方向の画像すなわちユーザが注目しているものを正確に検出することができる。また、正面撮影手段が頭部撮影手段と一体に固定されているので、正面撮影手段と頭部撮影手段との位置関係が変化せず、ユーザが注目しているものをより正確に検出することができる。

【0018】

前記頭部姿勢推定装置は、前記境界線を基に人間に対する前記頭部撮影手段及び前記正面撮影手段の姿勢変化量を算出する算出手段をさらに備え、前記画像抽出手段は、前記算出手段により算出された前記頭部撮影手段及び前記正面撮影手段の姿勢変化量並びに前記推定手段により推定された頭部の姿勢を基に、前記正面撮影手段により撮影された画像から前記頭部撮影手段を装着した人間の視線方向の画像を抽出することが好ましい。

30

【0019】

この場合、境界線を基に人間に対する頭部撮影手段及び正面撮影手段の姿勢変化量を算出し、算出された頭部撮影手段及び正面撮影手段の姿勢変化量をも考慮して推定した頭部の姿勢を基に人間の視線方向の画像を抽出しているので、頭部撮影手段及び正面撮影手段と人間との相対姿勢の変化を補正した頭部の姿勢を基に人間の視線方向の画像を抽出することができ、人間の視線方向の画像をより高精度に抽出することができる。

【0020】

本発明に係る頭部姿勢推定方法は、領域抽出手段、境界線決定手段、先端点抽出手段及び推定手段として機能するコンピュータを用い、人間の頭部及び胴部を含む画像を撮影する頭部撮影手段を胸部に装着した人間の頭部の姿勢を推定する頭部姿勢推定方法であって、前記領域抽出手段が、前記頭部撮影手段により撮影された画像から人間の頭部及び胴部を含む人物領域を抽出するステップと、前記境界線決定手段が、前記人物領域において頭部と胴部との境界を表す境界線を決定するとともに、前記境界線の中点を決定するステップと、前記先端点抽出手段が、前記人物領域のうち前記境界線により頭部として区分された領域から、前記境界線の中点からの距離が最大となる先端点を抽出するステップと、前記推定手段が、前記先端点の位置を基に頭部の姿勢を推定するステップとを含むものである。

40

【0021】

50

本発明に係る頭部姿勢推定処理プログラムは、人間の頭部及び胴部を含む画像を撮影する頭部撮影手段を胸部に装着した人間の頭部の姿勢を推定するための頭部姿勢推定処理プログラムであって、前記頭部撮影手段により撮影された画像から人間の頭部及び胴部を含む人物領域を抽出する領域抽出手段と、前記人物領域において頭部と胴部との境界を表す境界線を決定するとともに、前記境界線の中点を決定する境界線決定手段と、前記人物領域のうち前記境界線により頭部として区分された領域から、前記境界線の中点からの距離が最大となる先端点を抽出する先端点抽出手段と、前記先端点の位置を基に頭部の姿勢を推定する推定手段としてコンピュータを機能させるものである。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、人間の胸部に装着された頭部観測手段により当該人間の頭部を観測され、観測された情報から頭部の姿勢が推定されるので、ヘッドマウントカメラのようにユーザの頭部に観測手段を装着することなく、頭部の姿勢を推定することができ、第三者に対して視界的な違和感を与えることなく、着脱及び使用が容易で且つユーザの頭部の姿勢を正確に推定することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

以下、本発明の一実施の形態による頭部姿勢推定装置について図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の一実施の形態による頭部姿勢推定装置の構成を示すブロック図であり、図2は、図1に示す頭部姿勢推定装置のセンサ部の人物への装着状態を示す概略図である。

【0024】

図1に示す頭部姿勢推定装置は、赤外線カメラ1、赤外線照明器2、広角カメラ3、マイクロフォン4、通信部5、6、データ処理部7及びデータ記録部8を備える。赤外線カメラ1、赤外線照明器2、広角カメラ3、マイクロフォン4及び通信部5は、センサ部10として一体に構成され、図2に示すように、ユーザ（人間）の胸部に装着される。センサ部10の装着方法は、クリップ等を用いて衣服に取り付けたり、ペンダント方式を用いて首から吊り下げる等の種々の方法を用いることができる。また、センサ部10の装着位置は、赤外線カメラ1がユーザの頭部（少なくとも鼻の頂点及び胴部との境界付近）及び胴部（少なくとも頭部との境界付近、例えば、両肩部）を確実に撮影できるように、人体のバストラインの中心位置付近に装着することが好ましいが、赤外線カメラ1がユーザの頭部及び胴部を撮影できる位置であれば、胸部周辺の他の位置に装着するようにしてもよい。

【0025】

赤外線カメラ1は、赤外線領域に十分な感度を有するCCDカメラ等から構成され、ユーザの胸部に上向きに装着される。赤外線照明器2は、赤外線LED等から構成され、赤外線カメラ1と一体に構成され、近赤外線を用いて距離の近い領域のみを照明するように照明強度が調整されており、ユーザの頭部及び胴部のみを照明する。赤外線カメラ1には赤外線のうち主に近赤外線のみ透過させる赤外線フィルタが取り付けられており、赤外線フィルタとしては、例えば、可視光を透過せず且つ近赤外光を透過するエドモンド社製プラスチックIRパスフィルタを用いることができる。赤外線カメラ1は、赤外線照明器2により赤外線照明されているユーザの頭部及び胴部を含む赤外線画像を撮影して赤外線画像データを通信部5へ出力する。

【0026】

広角カメラ3は、赤外線カメラ1の撮影方向と広角カメラ3の撮影方向とが所定の角度をなすように調整された状態で赤外線カメラ1と一体に固定され、ユーザの前方に向けてユーザの胸部に装着される。広角カメラ3は、通常のカメラより高解像度で且つ広角なCMOSカメラ等から構成され、例えば、画素数1280×1024のPixelINK社製PL-A662を用いることができる。広角カメラ3は、ユーザの正面方向のカラー画像（可視光画像）を撮影して正面画像データを通信部5へ出力する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

マイクロフォン 4 は、ユーザの発話又は周囲音を集音して音声データを通信部 5 へ出力する。なお、音声を録音しない場合は、マイクロフォン 4 を省略してもよく、また、ユーザに音声等を伝達するためにスピーカ等を一体に構成してもよい。

【 0 0 2 8 】

通信部 5 は、無線方式により赤外線画像データ、正面画像データ及び音声データを通信部 6 へ送信する。なお、各データの送信方式は、上記の例に特に限定されず、有線方式等により各データを送信してもよい。また、データ処理部 7 及びデータ記録部 8 を小型化してセンサ部 10 と一体に構成する場合は、通信部 5, 6 を省略して赤外線カメラ 1 等から各データをデータ処理部 7 へ直接送信するようにしてもよい。

10

【 0 0 2 9 】

通信部 6、データ処理部 7 及びデータ記録部 8 は、ROM (リードオンリメモリ)、CPU (中央演算処理装置)、RAM (ランダムアクセスメモリ)、ハードディスクドライブ、無線通信装置等を備えるコンピュータ等から構成され、ユーザから離間した所定位置に設置される。

【 0 0 3 0 】

通信部 6 は、通信部 5 から無線方式により送信される赤外線画像データ、正面画像データ及び音声データを受信してデータ処理部 7 へ出力する。データ処理部 7 は、赤外線画像データからユーザの頭部姿勢データを算出するとともに、頭部姿勢データを基に正面画像データからユーザの視線方向のユーザ視点画像データを抽出し、頭部姿勢データ、ユーザ視点画像データ及び音声データを観測時間に対応付けてデータ記録部 8 にデータベース化して記録させる。

20

【 0 0 3 1 】

図 3 は、図 1 に示すデータ処理部 7 の機能的な構成を示すブロックである。なお、図 3 では、説明を容易にするために通信部 5, 6 の図示を省略している。図 3 に示すように、データ処理部 7 は、ROM 等に記憶されている頭部姿勢推定処理プログラムを CPU 等で実行することにより、2 値化部 11、人物領域抽出部 12、境界線算出部 13、鼻先点抽出部 14、頭部回転算出部 15、変化量算出部 16、視線方向算出部 17 及び視線画像抽出部 18 として機能する。なお、データ処理部 7 の構成は、上記の例に特に限定されず、専用のハードウェア等により構成してもよい。

30

【 0 0 3 2 】

2 値化部 11 は、通信部 5, 6 を介して赤外線カメラ 1 から赤外線画像データを取得し、取得した赤外線画像データを 2 値化処理して人物領域抽出部 12 へ出力する。人物領域抽出部 12 は、2 値化された赤外線画像データを用いてユーザの頭部及び胴部からなる人物領域とその他の背景領域との境界線を検出して人物領域と背景領域とに分割する。

【 0 0 3 3 】

境界線算出部 13 は、人物領域と背景領域との境界線の形状を基に頭部と胴部との境界線を決定するとともに、頭部と胴部との境界線の中点をユーザの頭部の回転中心として決定する。鼻先点抽出部 14 は、人物領域のうち頭部と胴部との境界線により頭部として区分された領域から、頭部と胴部との境界線の中点からの距離が最大となる先端点を鼻先点として抽出する。頭部回転算出部 15 は、鼻先点の位置から頭部と胴部との境界線の中点を回転中心とする頭部の水平角度及び垂直角度を算出してデータ記録部 8 に頭部姿勢データとして記録させる。

40

【 0 0 3 4 】

変化量算出部 16 は、頭部と胴部との境界線の傾き及び中点の位置を基にユーザに対する赤外線カメラ 1 及び広角カメラ 3 の姿勢変化量となる水平補正角度及び垂直補正角度を算出する。視線方向算出部 17 は、頭部回転算出部 15 により算出された頭部の水平角度及び垂直角度と変化量算出部 16 により算出された赤外線カメラ 1 及び広角カメラ 3 の水平補正角度及び垂直補正角度からユーザの視線方向を算出する。視線画像抽出部 18 は、通信部 5, 6 を介して広角カメラ 3 から正面画像データを取得し、取得した正面画像デー

50

タからユーザの視線方向を中心とする所定範囲の画像を抽出してデータ記録部 8 にユーザ視点画像データとして記録させる。

【 0 0 3 5 】

本実施の形態では、赤外線カメラ 1 が頭部観測手段の一例に相当し、2 値化部 1 1、人物領域抽出部 1 2、境界線算出部 1 3 及び鼻先点抽出部 1 4、頭部回転算出部 1 5 が頭部姿勢推定手段の一例に相当し、広角カメラ 3 が前方撮影手段の一例に相当し、視線方向算出部 1 7 及び視線画像抽出部 1 8 が視線画像抽出手段の一例に相当する。また、赤外線カメラ 1 が頭部撮影手段及び赤外線撮影手段の一例に相当し、2 値化部 1 1 及び人物領域抽出部 1 2 が領域抽出手段の一例に相当し、境界線算出部 1 3 が境界線決定手段の一例に相当し、鼻先点抽出部 1 4 が先端点抽出手段の一例に相当し、頭部回転算出部 1 5 が推定手段の一例に相当する。赤外線照明器 2 が赤外線照明手段の一例に相当し、広角カメラ 3 が正面撮影手段の一例に相当し、視線方向算出部 1 7 及び視線画像抽出部 1 8 が画像抽出手段の一例に相当し、変化量算出部 1 6 が算出手段の一例に相当する。

10

【 0 0 3 6 】

次に、図 3 に示すデータ処理部 7 による頭部姿勢推定処理について説明する。図 4 は、図 3 に示すデータ処理部 7 による頭部姿勢推定処理を説明するためのフローチャートである。

【 0 0 3 7 】

まず、2 値化部 1 1 は、赤外線カメラ 1 から出力される赤外線画像データを、通信部 5、6 を介して取得し（ステップ S 1 1）、取得した赤外線画像データを 2 値化処理する（ステップ S 1 2）。ここで、頭部姿勢推定処理に使用される頭部モデルの座標系及び赤外線画像について以下に説明する。

20

【 0 0 3 8 】

図 5 は、頭部モデルの座標系を示す模式図である。図 5 に示すように、水平面に沿って X 0 軸及び Z 0 軸が規定され、垂直方向に Y 0 軸が規定され、原点となるユーザの頭部の回転中心 R C が首の前方に規定され、回転後の頭部座標系を X、Y、Z で表す。このとき、ユーザの視線は Z 軸回転には依存しないので、Y 軸及び X 軸回りの回転角、 θ_y 、 θ_x がユーザの頭部の水平角度及び垂直角度となる。

【 0 0 3 9 】

図 6 は、ユーザの頭部及び胸部を撮影した赤外線画像と可視光画像とを模式的に示す図である。図 6 に示すように、ユーザの胸部にカメラを装着してユーザの頭部及び胸部を撮影した場合、赤外線画像として図 6 の (a) に示す画像が撮影され、可視光画像として図 6 の (b) に示す画像が撮影される。

30

【 0 0 4 0 】

すなわち、(b) に示す可視光画像では、背景となる天井の空調機及び照明等が鮮明に撮影され、逆に、ユーザの頭部の一部は照明により鮮明に撮影されない。このような画像を 2 値化処理しても、人物領域と背景領域とを分離することは困難である。一方、(a) に示す赤外線画像では、赤外線照明器 2 が赤外線を用いて距離の近い領域のみを照明しているため、ユーザの頭部及び胸部のみが鮮明に撮影され、背景となるその他の部分は暗く撮影される。したがって、この赤外線画像を 2 値化処理することにより人物領域と背景領域とを正確に区分することができる。

40

【 0 0 4 1 】

次に、人物領域抽出部 1 2 は、2 値化された赤外線画像データから人物領域と背景領域との境界線を検出して人物領域と背景領域とに分割し（ステップ S 1 3）、境界線算出部 1 3 は、人物領域と背景領域との境界線の傾きの変化から頭部領域を抽出し、胸部の境界線のみを用いて頭部と胸部との境界線を検出する（ステップ S 1 4）。これに限定されないが、例えば、後述する図 7 に示すように、当該境界線の傾きの変化の大きい部分の点 P 4、P 5 を胴体 - 頭部の境界として検出することで頭部領域を抽出し、点 P 4、P 5 を検出することで頭部を抽出し、点 P 4、P 5 を用いて頭部と胸部との境界線を検出する。ここで、位置 x における境界線の傾きを $\theta(x)$ とするとき、 $d\theta(x)/dx$ が最大の点

50

、最小の点をそれぞれ P 4 , P 5 とする。

【 0 0 4 2 】

次に、境界線算出部 1 3 は、頭部と胴部との境界線の中点をユーザの頭部の回転中心として検出し (ステップ S 1 5)、鼻先点抽出部 1 4 は、人物領域のうち人物領域と背景領域との境界線により頭部として区分された領域から、境界線の中点からの距離が最大となる鼻先点を抽出する (ステップ S 1 6)。

【 0 0 4 3 】

図 7 は、頭部と胴部との境界線及び鼻先点を決定する方法を説明するための模式図である。図 7 に示すように、人物領域抽出部 1 2 は、人物領域と背景領域との境界線 L 1 ~ L 3 を検出し、境界線算出部 1 3 は、境界線 L 1 ~ L 3 の傾きの変化から点 P 4 と点 P 5 とを用いて頭部と胴部との境界線 B L を算出する。次に、境界線算出部 1 3 は、点 P 4 と点 P 5 との中点 M P を抽出し、鼻先点抽出部 1 4 は、点 P 4 と点 P 5 との間の頭部領域すなわち頭部の境界線 L 2 内の領域において中点 M P からの距離が最大となる点 N P を鼻先点として決定する。

10

【 0 0 4 4 】

図 8 は、人物領域、頭部と胴部との境界線及び鼻先点の検出例を示す模式図である。図 8 の上段の各画像において、斜線部は背景領域を示し、斜線のない白色部は人物領域 P R を示しており、下段の各画像において、直線は頭部と胴部との境界線 B L を示し、x 印は鼻先点 N P を示している。このように、赤外線画像からユーザの頭部の動きに応じて、人物領域 P R、頭部と胴部との境界線 B L 及び鼻先点 N P が正確に推定された。

20

【 0 0 4 5 】

次に、頭部回転算出部 1 5 は、鼻先点の位置から人物領域と背景領域との境界線の中点を回転中心とする頭部の水平角度及び垂直角度を算出する (ステップ S 1 7)。図 9 は、鼻先点と、人物領域と背景領域との境界線の中点との関係を示す模式図である。図 9 に示すように、赤外線画像上の鼻先点と、人物領域と背景領域との境界線の中点すなわち頭部回転中心とをそれぞれ P_n (= [u_n , v_n])、P_c (= [u_c , v_c] = [0 , 0]) で表す。ここで、u 軸は、頭部と胴部との境界線 B L と一致し、v 軸は u 軸に対して垂直な軸である。

【 0 0 4 6 】

このとき、ユーザの頭部の水平角度 及び垂直角度 は、頭部回転中心 P_c がユーザの首の前方に位置するので、次式により計算される。

30

【 0 0 4 7 】

【 数 1 】

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{u_n}{v_n} \right) \dots\dots\dots(1)$$

$$\beta = \cos^{-1} \left(\frac{\sqrt{u_n^2 + v_n^2}}{k} \right) - \cos^{-1} \left(\frac{\sqrt{(u_n^{(0)})^2 + (v_n^{(0)})^2}}{k} \right) \dots\dots(2)$$

40

【 0 0 4 8 】

ここで、P_n⁽⁰⁾ (= [u_n⁽⁰⁾ , v_n⁽⁰⁾]) は、 = 0 , = 0 のときの P_n の値である。これは、ユーザが正面を向いて装置の初期化設定 (ボタンを押すなど) を行った際に設定する。また、k は、ユーザの頭部の大きさと赤外線カメラ 1 の内部パラメータにより決定される定数であり、以下のようにして求められる。

【 0 0 4 9 】

図 1 0 は、ユーザを側面からみたときの模式図であり、(a) はユーザが正面を向いている状態を示し、(b) はユーザが俯いている状態を示している。図 1 0 の (a) に示す

50

ように、ユーザが正面を向いているとき、赤外線カメラ1から頭部回転中心 P_c までの垂直距離を d_0 、鼻先点 P_n と頭部回転中心 P_c との距離を D 、その水平距離を h_0 、鼻先点 P_n と頭部回転中心 P_c とを結ぶ直線の水平線に対する角度を θ_0 とし、(b)に示すように、ユーザが俯いたときの鼻先点 P_n と頭部回転中心 P_c との水平距離を h_1 、鼻先点 P_n と頭部回転中心 P_c とを結ぶ直線の水平線に対する角度を θ_1 とすると、下式が成り立つ。

【0050】

【数2】

$$\theta_0 = \cos^{-1} \left(\frac{h_0}{D} \right), \theta_1 = \cos^{-1} \left(\frac{h_1}{D} \right) \dots\dots\dots(3)$$

10

$$\beta = \cos^{-1} \left(\frac{h_1}{D} \right) - \cos^{-1} \left(\frac{h_0}{D} \right) \dots\dots\dots(4)$$

【0051】

ここで、赤外線カメラ1の焦点距離を f とすると、下式が成り立つ。

【0052】

【数3】

20

$$h_0 = \frac{d_0}{f} \sqrt{(u_n^{(0)})^2 + (v_n^{(0)})^2}, h_1 = \frac{d_0}{f} \sqrt{u_n^2 + v_n^2} \dots\dots\dots(5)$$

【0053】

式(5)を式(4)へ代入すると、

【0054】

【数4】

$$\beta = \cos^{-1} \left(\frac{\sqrt{u_n^2 + v_n^2}}{D \frac{f}{d_0}} \right) - \cos^{-1} \left(\frac{\sqrt{(u_n^{(0)})^2 + (v_n^{(0)})^2}}{D \frac{f}{d_0}} \right) \dots\dots\dots(6)$$

30

【0055】

となり、式(2)の k は、 $k = D (f / d_0)$ となる。ここで、距離 D 、垂直距離 d_0 は、予め上記初期化の際計測しておく。焦点距離 f は、光学系設計時に決定される。

【0056】

次に、変化量算出部16は、頭部と胴部との境界線の傾き及び中点の位置を基にユーザに対する赤外線カメラ1及び広角カメラ3の姿勢変化量となる水平補正角度及び垂直補正角度を算出する(ステップS18)。水平補正角度は、図9に示す頭部と胴部との境界線 BL の傾きであり、垂直補正角度は下式により算出される。

40

【0057】

【数5】

$$\Delta\beta = \tan^{-1} \left(\frac{v_c^{(0)} - v_c}{f} \right) \dots\dots\dots(7)$$

【0058】

ここで、 $P_c^{(0)} (= [u_c^{(0)}, v_c^{(0)}])$ は、 $u_c = 0$, $v_c = 0$ のときの P_c の値である。

10

【0059】

次に、視線方向算出部17は、頭部回転算出部15により算出された頭部の水平角度及び垂直角度と、変化量算出部16により算出された赤外線カメラ1及び広角カメラ3の水平補正角度及び垂直補正角度とから広角カメラ3の正面画像上のユーザの視線方向x, yを、下式を用いて算出する(ステップS19)。

【0060】

$$x = f \cdot \tan(\theta + \alpha) , y = f \cdot \tan(\theta + \beta) \dots(8)$$

最後に、視線画像抽出部18は、広角カメラ3により撮影された正面画像からユーザの視線方向を中心とする所定範囲の画像を抽出し(ステップS20)、その後ステップS11以降の処理を適宜繰り返す。なお、本実施の形態において、視線方向とは、目の向いている方向を直接的に意味するものではなく、頭部の姿勢すなわち顔の方向が通常では目の向いている方向すなわち視線方向とほぼ同じであるため、頭部の姿勢、頭部の回転の算出から視線方向を推定するものである。

20

【0061】

次に、上記の頭部姿勢推定処理における鼻先点の推定精度等について具体例を挙げて説明する。図11は、図1に示す頭部姿勢推定装置による鼻先点の推定結果を示す図であり、図中の破線は実験者が手作業により計測した真値を示し、実線は図1に示す頭部姿勢推定装置による鼻先点の推定結果を示している。図11から図1に示す頭部姿勢推定装置は鼻先点を高精度に抽出できたことがわかる。

30

【0062】

図12は、図1に示す頭部姿勢推定装置により室内において推定されたユーザの視線方向の軌跡の一例を示す図である。図12に示す折れ線VTがユーザの視線方向の軌跡であり、この軌跡VTから、ユーザは3つの物体、すなわち、時計T1、カレンダーT2、椅子T3を順に見ていたことがわかる。また、頭部運動の静止時間からユーザの注目物体の抽出を行った結果、図12に示す時計T1、カレンダーT2、椅子T3を含む画像が抽出され、ユーザの注目物体を自動抽出することができた。

【0063】

図13は、図1に示す頭部姿勢推定装置により記録されたユーザの行動履歴データの一例を示す図である。図13の上段及び中段はユーザの頭部姿勢データを示し、下段は音声データを示しており、これらのデータとともに上記のようなユーザ視点画像データがデータ記録部8に記録された。これらの情報を用いることにより、ユーザの頭部ジェスチャ(頷き、首振りなど)の検出や、ユーザが話している時間の検出などが可能になる。

40

【0064】

上記のように、本実施の形態では、赤外線カメラ1によりユーザの頭部及び胸部を含む赤外線画像が撮影され、撮影された赤外線画像からユーザの頭部及び胸部を含む人物領域が抽出され、抽出された人物領域において頭部と胸部との境界を表す境界線が決定されるとともに、境界線の midpoint が決定され、境界線の midpoint からの距離が最大となる鼻先点が人物領域のうち境界線により頭部として区分された領域から抽出され、抽出された鼻先点の位置を基に頭部の姿勢が推定されるので、ユーザの頭部の姿勢を正確に推定することができる。

50

【0065】

また、推定された頭部の姿勢を基に広角カメラ3により撮影された正面画像からユーザの視線方向の画像を切り出しているため、ユーザの視線方向の画像すなわちユーザが目しているものを正確に検出することができる。

【0066】

さらに、赤外線カメラ1及び広角カメラ3等のセンサ部10がユーザの胸部に装着され、ヘッドマウントカメラのようにユーザの頭部に装着する必要がないため、第三者に対して視界的な違和感を与えることなく、容易に着脱及び使用することができ、日常的な行動の記録に好適に用いることができる。

【0067】

なお、本実施の形態では、赤外線カメラを用いて鼻先点を検出したが、頭部の運動に応じて位置が変化する特徴点を検出することができれば、この例に特に限定されず、可視光用カメラを用いて顎先点を検出する等の種々の変更が可能である。また、本実施の形態では、一つのセンサ部に対してそれぞれ一つのデータ処理部及びデータ記録部を用いたが、この例に特に限定されず、複数のセンサ部（複数の人間）に対する処理を一つのデータ処理部で行う等の種々の変更が可能である。また、本実施の形態では、撮影した画像を用いて頭部の姿勢を推定したが、頭部姿勢の推定に用いる情報は、この例に特に限定されず、例えば、光、超音波等により胸部から頭部までの距離等を測定して頭部の形を取得し、さらには、頭部の姿勢をパターンマッチング等により推定するようにしてもよい。

【0068】

また、本発明の頭部姿勢推定装置は、日常的な行動の記録に好適に用いることができるので、人間の体験の記録、人間の行動履歴の要約、人間のインタラクションの解析等の用途に適しており、これらの場合、脈拍、体温等の生体データ等の他のデータを併せて記録するようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0069】

【図1】本発明の一実施の形態による頭部姿勢推定装置の構成を示すブロック図である。

【図2】図1に示す頭部姿勢推定装置のセンサ部の人物への装着状態を示す概略図である。

【図3】図1に示すデータ処理部の機能的な構成を示すブロック図である。

【図4】図3に示すデータ処理部による頭部姿勢推定処理を説明するためのフローチャートである。

【図5】頭部モデルの座標系を示す模式図である。

【図6】ユーザの頭部及び胴部を撮影した赤外線画像と可視光画像とを模式的に示す図である。

【図7】頭部と胴部との境界線及び鼻先点を決定する方法を説明するための模式図である。

【図8】人物領域、頭部と胴部との境界線及び鼻先点の検出例を示す模式図である。

【図9】鼻先点と、人物領域と背景領域との境界線の中点との関係を示す模式図である。

【図10】ユーザを側面からみたときの模式図である。

【図11】図1に示す頭部姿勢推定装置による鼻先点の推定結果を示す図である。

【図12】図1に示す頭部姿勢推定装置により室内において推定されたユーザの視線方向の軌跡の一例を示す図である。

【図13】図1に示す頭部姿勢推定装置により記録されたユーザの行動履歴データの一例を示す図である。

【符号の説明】

【0070】

- 1 赤外線カメラ
- 2 赤外線照明器
- 3 広角カメラ

10

20

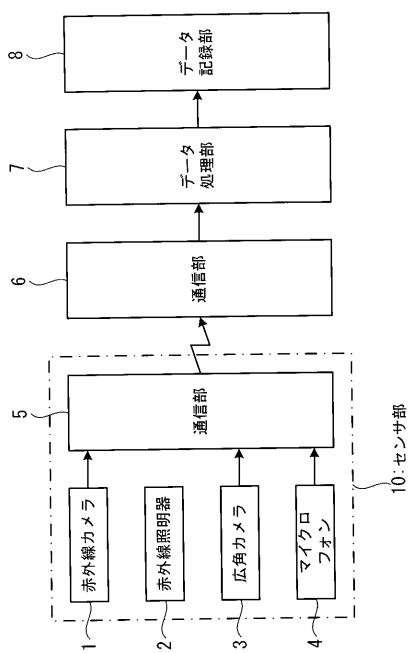
30

40

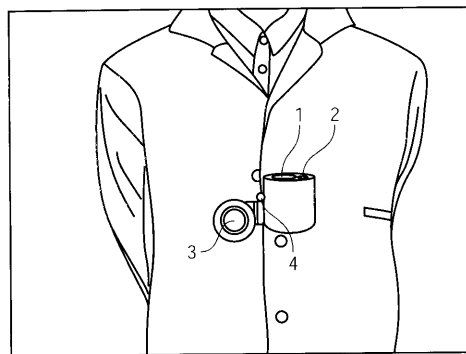
50

- 4 マイクロフォン
- 5, 6 通信部
- 7 データ処理部
- 8 データ記録部
- 1 1 2 値化部
- 1 2 人物領域抽出部
- 1 3 境界線算出部
- 1 4 鼻先点抽出部
- 1 5 頭部回転算出部
- 1 6 変化量算出部
- 1 7 視線方向算出部
- 1 8 視線画像抽出部

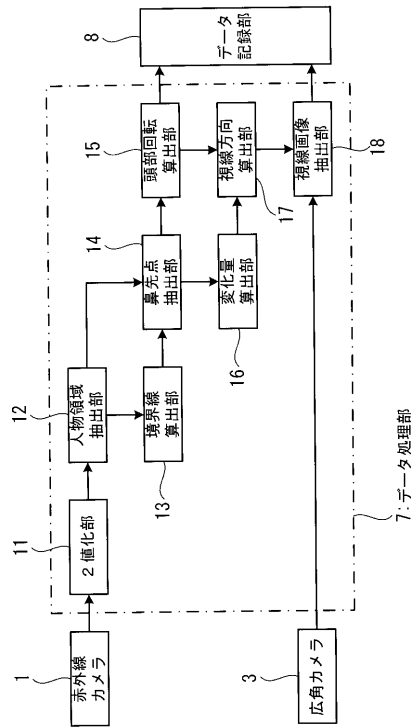
【図1】



【図2】



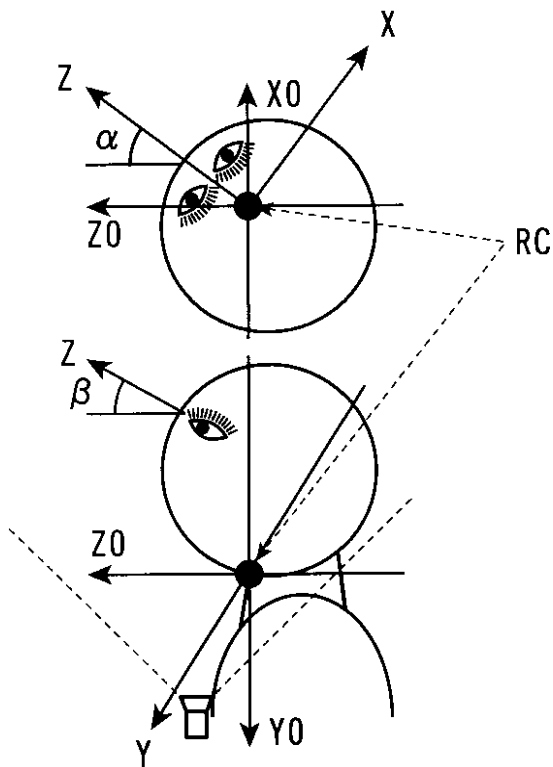
【図3】



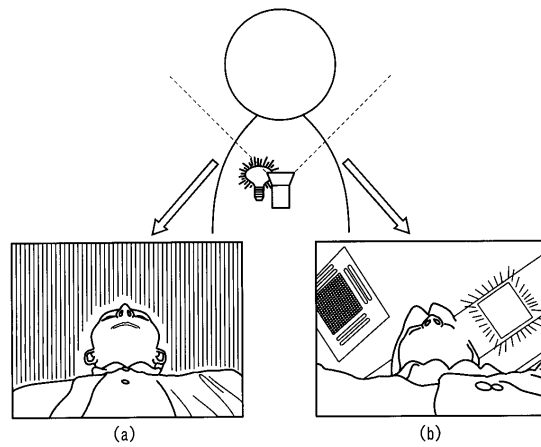
【図4】



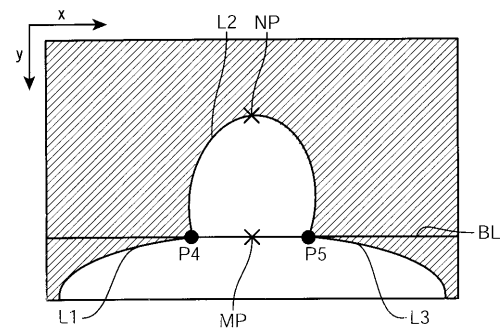
【図5】



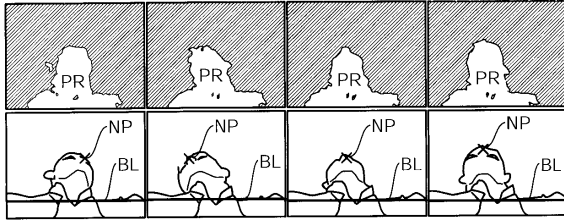
【図6】



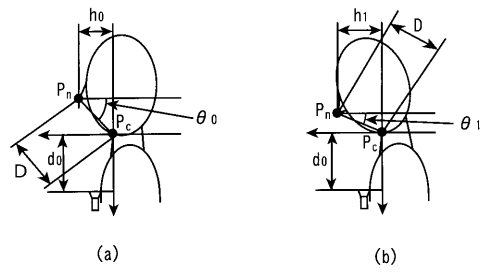
【図7】



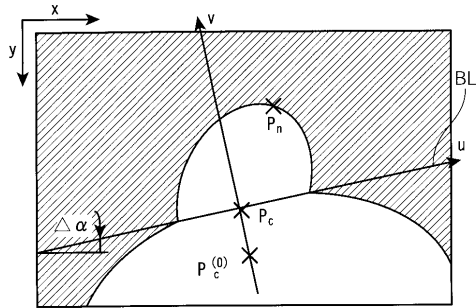
【 図 8 】



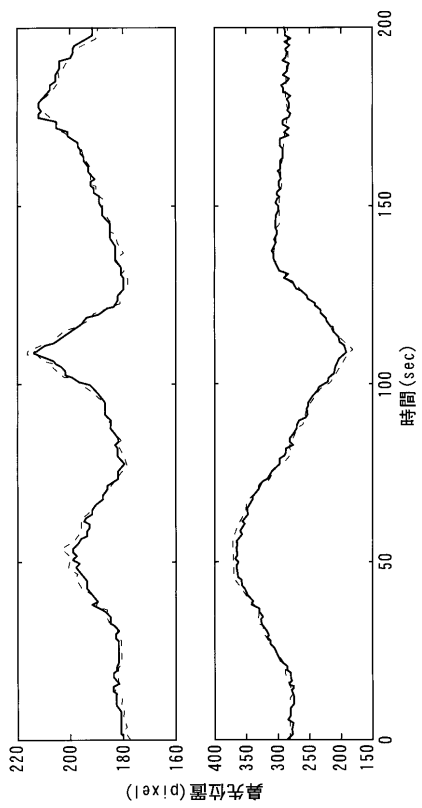
【 図 10 】



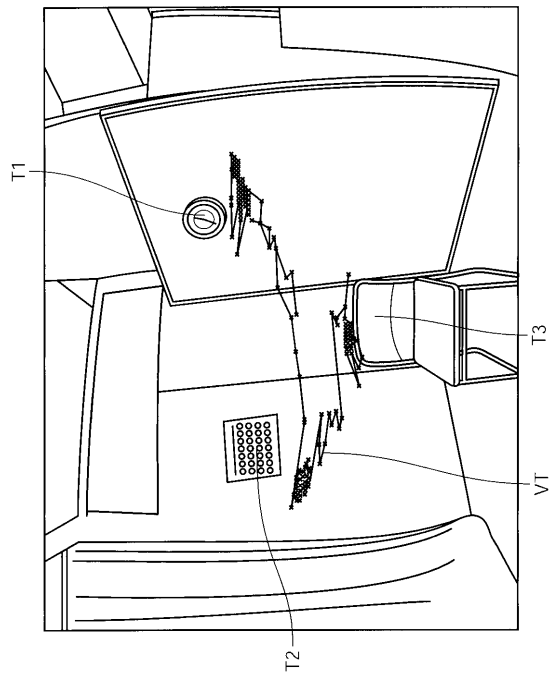
【 図 9 】



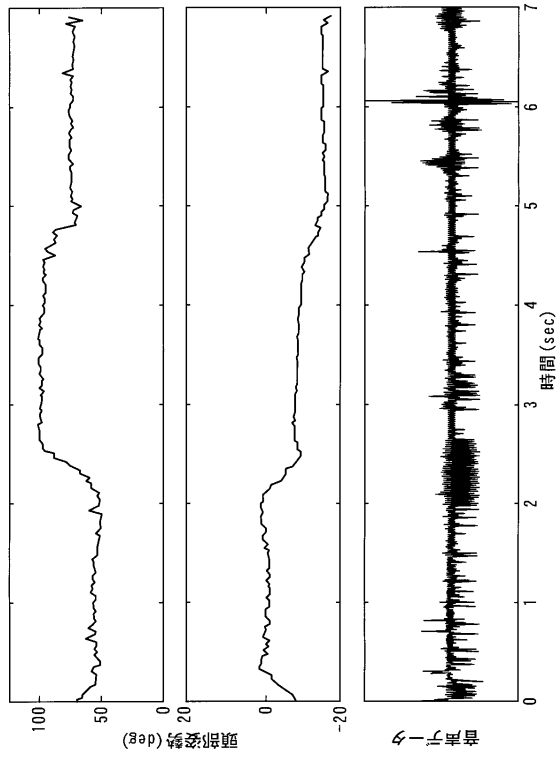
【 図 11 】



【 図 12 】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 山添 大丈

京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

審査官 松永 稔

(56)参考文献 特開平07-209700(JP,A)

浮田 宗伯,身につける画像処理~ウェアラブル,画像ラボ 第14巻 第11号 IMAGE LAB
 ,日本,日本工業出版株式会社,第14巻

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

G06T 7/60