

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5401257号
(P5401257)

(45) 発行日 平成26年1月29日 (2014. 1. 29)

(24) 登録日 平成25年11月1日 (2013. 11. 1)

(51) Int. Cl.

F I

G06T 7/00 (2006.01)
G06T 1/00 (2006.01)
H04N 7/18 (2006.01)
G08G 1/16 (2006.01)

G06T 7/00 300F
 G06T 1/00 330B
 H04N 7/18 J
 G08G 1/16 C

請求項の数 3 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2009-244443 (P2009-244443)
 (22) 出願日 平成21年10月23日 (2009. 10. 23)
 (65) 公開番号 特開2011-90556 (P2011-90556A)
 (43) 公開日 平成23年5月6日 (2011. 5. 6)
 審査請求日 平成24年10月17日 (2012. 10. 17)

(73) 特許権者 000001487
 クラリオン株式会社
 埼玉県さいたま市中央区新都心7番地2
 (74) 代理人 100082670
 弁理士 西脇 民雄
 (72) 発明者 石井 勝市
 東京都文京区白山五丁目35番2号 クラ
 リオン株式会社内

審査官 鹿野 博嗣

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 遠赤外線歩行者検知装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

遠赤外線に対する感度を有する遠赤外線撮像手段によって撮像された画像の中から歩行者の存在位置を検知する遠赤外線歩行者検知装置において、前記撮像された画像に基づいて、前記画像の中の無限遠点の位置を求める無限遠点検出手段と、前記無限遠点の位置に応じて、歩行者の存在位置を検知するための検知領域を設定する歩行者検知領域設定手段とを備え、前記無限遠点検出手段は、前記画像の中で、隣り合う画素の間の画素値の差が所定値以上である輪郭構成点、および前記輪郭構成点における輪郭の延びる方向を検出する輪郭検出手段と、前記輪郭検出手段によって検出された前記輪郭構成点のうち、前記輪郭の延びる方向が水平、もしくは水平に近い輪郭構成点、および前記輪郭の延びる方向が垂直、もしくは垂直に近い輪郭構成点を除去する特定輪郭成分除去手段と、前記特定輪郭成分除去手段によって除去されない前記輪郭構成点の位置と前記輪郭構成点における輪郭の延びる方向に基づいて、前記輪郭の延びる方向が所定値以上離れた2本の直線を検出する直線検出手段とを備え、前記検出された2本の直線に基づいて前記無限遠点の位置を特定するものであることを特徴とする遠赤外線歩行者検知装置。

【請求項 2】

請求項1記載の遠赤外線歩行者検知装置において、前記特定輪郭成分除去手段は、前記輪郭検出手段によって検出された前記輪郭構成点に対して、ハフ変換を行うことによって生成されるハフ空間内から、前記輪郭構成点を通する水平、もしくは水平に近い直線、および、垂直、もしくは垂直に近い直線に対応する情報を除去するものであり、前記直線

10

20

検出手段は、前記特定輪郭成分を除去した結果に基づいて、前記直線の検出を行うものであることを特徴とする遠赤外線歩行者検知装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 記載の遠赤外線歩行者検知装置において、前記歩行者検知領域設定手段によって設定された歩行者の検知領域に対して、所定のテンプレートと比較照合を行うことで、前記テンプレートに表された像に対する画像部分を検出するテンプレートマッチング手段と、前記テンプレートマッチング手段によって検出された画像部分に所定のマーカを重畳して出力するマーカ重畳手段と、所定の情報を表示する画像表示手段と、を備え、前記撮像して得られる画像が、前記車両の進行方向の所定領域を撮像して得られた画像であり、前記テンプレートマッチング手段は、前記テンプレートの像として歩行者の像が適用されたテンプレートと照合するものであることを特徴とする遠赤外線歩行者検知装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、遠赤外線歩行者検知装置に関し、詳細には、撮像された画像の中から、歩行者の存在位置を検出する画像処理の効率を向上させる手法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、交通死傷者の低減に対する技術的な取り組みがなされているが、そのうち、死亡事故の大きな割合を占める運転者の保護については、エアバッグ等の普及により、顕著な低減の効果が現れている。これに対して、次に大きな死亡事故の割合を占める歩行者に対する安全策については、車両前方を撮像した画像から歩行者の有無と存在位置を検出し、これを運転者に報知するシステムの実現が検討されている。

20

【0003】

このシステムは、具体的には、車両に、進行方向を撮像する遠赤外線カメラを設置し、撮像された画像から歩行者を検知し、画像の歩行者部分にマーカを重畳して運転者に提示するものである。また、将来的には、このシステムによって歩行者を検知したとき、危険度を自動的に判断して、危険と判断した場合に警告、あるいは、車両の自動操縦装置による制動や操舵によって、衝突を回避することも可能となる。

30

【0004】

画像の中から歩行者を検知する手法としては、予め歩行者のテンプレートを用意して、このテンプレートと画像内の歩行者が存在する可能性のある領域の類似度を求める、いわゆるテンプレートマッチングが用いられる。類似度を計算する方法には、大きく分けて「画素値の比較」と「輪郭情報の比較」の手法がある。

【0005】

このうち、輪郭情報は、画像の明るさに依存しない為、天候や太陽位置によって、画像の明るさの変化が大きい、車両用などの屋外用途に適している。さらに、輪郭情報は、二値、もしくは少ない階調で表現可能な為、扱うデータ量も少なく、歩行者検知処理の中で大きな処理量を占めるテンプレートマッチングにおける類似度の計算量が少なくて済む。

40

【0006】

次に、輪郭情報に基づいた遠赤外線歩行者検知装置の処理過程を説明する。

【0007】

まず、画面全体のコントラストを高める処理を施して、撮像された画像の各画素に格納された値（以降、画素値と呼ぶ）の差を明確化することにより、画像の輪郭を強調する。

【0008】

次に、この輪郭が強調された画像を、予め用意しておいた、歩行者の輪郭が強調されたテンプレートとマッチング処理して、画像の各部分とテンプレートとの間の相関値（画像におけるテンプレートの位置毎の相関値で表された相関マップ）を求める。

【0009】

50

ここで、テンプレートとマッチング処理を行うに際し、輪郭が強調処理された画像の中から、歩行者（の像）が存在する可能性がある画像部分からテンプレートと同じ大きさで画像を切り出す。または、想定する歩行者（の像）と同じ大きさで画像を切り出した後に、切り出した画像をテンプレートと同じ大きさになるように拡大または縮小する。

【0010】

得られた相関マップにおける相関値は連続性を有する（位置が隣接していれば、相関値が突発的に変化することはない）ため、その相関マップにおいて大きな相関値で表された領域は、ある程度の広さを有する領域となるが、その領域内で最大の相関値を示している位置にテンプレートを当てはめた部分が、歩行者の像が存在する候補の部分となる。

【0011】

そして、その最大の相関値を、予め設定された閾値（歩行者が存在するか否かを判別するのに適した値）と比較して、最大の相関値が閾値を上回っているときは、その位置に歩行者の像が存在すると判定している（特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】特開2003-009140号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

先行例では、歩行者を検出するためのテンプレートマッチング処理を、撮像された画像全体に対して行っている。

【0014】

テンプレートマッチング処理は、撮像された画像とテンプレートとの相関を求める演算を、テンプレートの位置をずらしながら、前記撮像された画像の中の各画素に対して行う必要があるため、情報量が少ない輪郭情報を利用する場合であっても、大きな計算機負荷がかかってしまうという問題がある。

【0015】

本発明は上記事情に鑑みなされたもので、歩行者検知処理の計算機負荷を低減させることが可能な遠赤外線歩行者検知装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明に係る遠赤外線歩行者検知装置は、撮像された画像の中から無限遠点の位置を検出し、前記無限遠点の位置に基づいて歩行者の検知領域を設定した後、前記歩行者の検知領域のみに対して歩行者検知を行うことで、計算機処理の負荷を軽減させるものである。

【0017】

すなわち、本発明に係る遠赤外線歩行者検知装置は、遠赤外線に対する感度を有する遠赤外線撮像手段によって撮像された画像の中から歩行者の存在位置を検知する遠赤外線歩行者検知装置において、前記撮像された画像に基づいて、前記画像の中の無限遠点の位置を求める無限遠点検出手段と、前記無限遠点の位置に応じて、歩行者の存在位置を検知するための検知領域を設定する歩行者検知領域設定手段とを備え、前記無限遠点検出手段は、前記画像の中で、隣り合う画素の間の画素値の差が所定値以上である輪郭構成点、および前記輪郭構成点における輪郭の延びる方向を検出する輪郭検出手段と、前記輪郭検出手段によって検出された前記輪郭構成点のうち、前記輪郭の延びる方向が水平、もしくは水平に近い輪郭構成点、および前記輪郭の延びる方向が垂直、もしくは垂直に近い輪郭構成点を除去する特定輪郭成分除去手段と、前記特定輪郭成分除去手段によって除去されない前記輪郭構成点の位置と前記輪郭構成点における輪郭の延びる方向に基づいて、前記輪郭の延びる方向が所定値以上離れた2本の直線を検出する直線検出手段とを備え、前記検出された2本の直線に基づいて前記無限遠点の位置を特定するものであることを特徴とする。

【0018】

このように構成された本発明に係る遠赤外線歩行者検知装置によれば、特定輪郭成分除去手段によって、輪郭検出手段で検出された輪郭構成点のうち、画像の中の無限遠点の位置を特定するための情報として利用できない可能性がある、輪郭の延びる方向が水平もしくは水平に近い輪郭構成点、および垂直もしくは垂直に近い輪郭構成点が除去されるため、無限遠点検出手段が、遠赤外線撮像手段によって撮像された画像の中から無限遠点の位置を精度よく検出し、歩行者検知領域設定手段が、検出された無限遠点の位置に応じて、撮像された画像の中の歩行者の検知領域を制限するため、歩行者検知のための計算機処理手段として、例えば、テンプレートマッチング処理を行うものでは、このテンプレートマッチング処理に要する計算機負荷を低減することができる。

10

【0021】

また、本発明に係る遠赤外線歩行者検知装置は、前記特定輪郭成分除去手段が、前記輪郭検出手段によって検出された前記輪郭構成点に対してハフ変換を行うことによって生成されるハフ空間から、前記輪郭構成点を通過する水平、もしくは水平に近い直線、および、垂直、もしくは垂直に近い直線に対応する情報を除去するものであり、前記直線検出手段が、前記特定輪郭成分を除去した結果に基づいて、前記直線の検出を行う構成であることが望ましい。

【0022】

このように構成された本発明に係る遠赤外線歩行者検知装置によれば、前記輪郭検出手段によって検出された前記輪郭構成点に対してハフ変換を適用した後、前記ハフ変換によって生成されたパラメータ空間（ハフ空間）内で、水平もしくは水平に近い輪郭成分、または、垂直もしくは垂直に近い輪郭成分を全て除去し、さらに、前記特定輪郭成分を除去した結果に基づいて、前記ハフ空間内で、所定角度以上離れた2つの直線に対応する極大値を検出することによって前記直線検出が実施できるため、無限遠点の位置の決定に必要な2本の直線の検出を簡単な手続きで行うことができる。

20

【0023】

さらに、本発明に係る遠赤外線歩行者検知装置は、特定された歩行者の検知領域に対して、所定のテンプレートと比較照合を行うことで、前記テンプレートに表された像に対する画像部分を検出するテンプレートマッチング手段と、前記テンプレートマッチング手段によって検出された画像部分に所定のマーカを重畳して出力するマーカ重畳手段と、所定の情報を表示する画像表示手段と、を備え、前記撮像して得られる画像が、前記車両の進行方向の所定領域を撮像して得られた画像であり、前記テンプレートマッチング手段は、前記テンプレートの像として歩行者の像が適用されたテンプレートと照合する構成であることが望ましい。

30

【0024】

このように構成された本発明に係る遠赤外線歩行者検知装置によれば、撮像された画像に対して、その歩行者検知領域を特定した後、テンプレートマッチング手段によって、歩行者の像が表されたテンプレートと比較照合（テンプレートマッチング）を行うため、撮像された画像全体に対してテンプレートマッチングを行う必要がない。したがって、撮像した遠赤外線画像の歩行者の画像部分に、精度よく所定のマーカを重畳させることができ、運転者等の乗員に対して、歩行者への注意を喚起することができる。

40

【発明の効果】

【0025】

本発明に係る遠赤外線歩行者検知装置によれば、無限遠点の位置が精度よく検出されるため、歩行者検知を行う領域を制限することができ、これによって、画像処理の計算機負荷を低減できるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の実施形態に係る遠赤外線歩行者検知装置100の概略構成を示すブロック図である。

50

【図 2】図 1 の遠赤外線歩行者検知装置 1 0 0 における歩行者検知手段 2 0 の詳細構成を示すブロック図である。

【図 3】図 2 に示した歩行者検知手段 2 0 のうち、無限遠点検出手段 3 0 による無限遠点検出手順、歩行者検知領域設定手段 4 0 による歩行者検知領域設定手順、およびテンプレートマッチング手段 5 0 による歩行者の像の検出処理手順を示すフローチャートである。

【図 4】遠赤外線撮像手段 1 0 で撮像した遠赤外線画像 2 0 0 の 1 例を示す図である。

【図 5】遠赤外線画像 2 0 0 に対して輪郭強調を行った、輪郭強調画像 2 0 1 を示す図である。

【図 6】輪郭強調画像 2 0 1 から輪郭を構成する点を抽出した、輪郭構成点画像 2 0 2 を示す図である。

10

【図 7】ハフ変換において算出する と を説明する図である。

【図 8】輪郭構成点画像 2 0 2 に対してハフ変換を行って得られた、ハフ変換画像 2 0 3 を示す図である。

【図 9】ハフ変換画像 2 0 3 から、輪郭の延びる方向が水平、または垂直に近い輪郭成分を除去した、特定輪郭成分除去画像 2 0 4 を示す図である。

【図 1 0】特定輪郭成分除去画像 2 0 4 から、所定値以上離れた方向を持つ 2 本の直線を検出した結果を示す図である。

【図 1 1】歩行者 K 3 と、遠赤外線撮像手段 1 0 を構成するレンズ K 1 と、遠赤外線撮像手段 1 0 を構成する撮像素子 K 2 との位置関係を示す図である。

【図 1 2】遠赤外線撮像手段 1 0 が、図 1 1 に示した位置関係にある場合の、歩行者検知領域 A 1 を示す図である。

20

【図 1 3】遠赤外線撮像手段 1 0 の光学系の光軸が下向きに 傾いた場合の、歩行者 K 3 と、レンズ K 1 と、撮像素子 K 2 との位置関係を示す図である。

【図 1 4】遠赤外線撮像手段 1 0 の光学系の光軸が下向きに 5 ° 傾いた場合の、歩行者検知領域 A 2 を示す図である。

【図 1 5】遠赤外線撮像手段 1 0 の光学系の光軸が上向きに 5 ° 傾いた場合の、歩行者検知領域 A 3 を示す図である。

【図 1 6】検知された歩行者の位置を表す矩形枠 F を、遠赤外線画像 2 0 5 に重畳した結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

30

【 0 0 2 7 】

以下、本発明に係る遠赤外線歩行者検知装置の実施形態について、図面を参照して説明する。

【 0 0 2 8 】

図 1 は、本発明の実施形態に係る遠赤外線歩行者検知装置 1 0 0 の概略構成を示すブロック図、図 2 は、図 1 の遠赤外線歩行者検知装置 1 0 0 における歩行者検知手段 2 0 の詳細構成を示すブロック図、図 3 は図 2 に示した歩行者検知手段 2 0 のうち、無限遠点検出手段 3 0 、歩行者検知領域設定手段 4 0 、およびテンプレートマッチング手段 5 0 による歩行者の像の検出処理を示すフローチャートである。

【 0 0 2 9 】

40

本発明に係る遠赤外線歩行者検知装置 1 0 0 は、図 1 に示す通り、車両に設置されてその進行方向の所定領域を遠赤外線画像 2 0 0 (図 4 参照) として撮像する遠赤外線撮像手段 1 0 と、前記遠赤外線撮像手段 1 0 によって撮像された遠赤外線画像 2 0 0 に基づいて、前記遠赤外線画像 2 0 0 の中から歩行者を表す像を検出し、検出された歩行者の像の部分に矩形枠 (マーカ) を重畳して出力する歩行者検知手段 2 0 と、歩行者の像の位置に矩形枠 F (図 1 6 参照) が付された、遠赤外線画像 2 0 5 を表示する画像表示手段 7 0 とから構成される。

【 0 0 3 0 】

ここで、遠赤外線撮像手段 1 0 は、図 1 1 に示すように、その中に、外界の映像を電気信号に変換するための光学系 (レンズ K 1) と撮像素子 K 2 を有している。

50

【 0 0 3 1 】

さらに、歩行者検知手段 2 0 は、図 1 に示すように、無限遠点検出手段 3 0 と歩行者検知領域設定手段 4 0 とテンプレートマッチング手段 5 0 とマーカ重畳手段 6 0 とから構成される。

【 0 0 3 2 】

そして、無限遠点検出手段 3 0 は、遠赤外線画像 2 0 0 のコントラストを高める画素値調整部 3 1 と、前記画素値調整部 3 1 によってコントラストが高められた画像に対して、前記画像の輪郭を強調し、輪郭強調画像 2 0 1 (図 5 参照) を生成して、さらに、所定値以上の輪郭の強さを有する画素を輪郭構成点として抽出して、輪郭構成点画像 2 0 2 (図 6 参照) を生成する輪郭検出部 3 2 (輪郭検出手段) と、前記輪郭検出部 3 2 において生成された輪郭構成点画像 2 0 2 に対してハフ変換を施すハフ変換部 3 3 と、ハフ変換の結果得られたハフ変換画像 2 0 3 (図 8 参照) に対し、そのハフ変換画像 2 0 3 の中から特定方向の輪郭成分を除去する特定輪郭成分除去部 3 4 (特定輪郭成分除去手段) と、前記特定輪郭成分除去部 3 4 によって、特定方向の輪郭成分が除去された特定輪郭成分除去画像 2 0 4 (図 9 参照) の中から、所定値以上離れた方向を有する 2 本の直線を検出する直線検出部 3 5 (直線検出手段) と、前記直線検出部 3 5 で検出された 2 本の直線の交点を求める直線の交点算出部 3 6 とを備えた構成である。

10

【 0 0 3 3 】

ここで、ハフ変換部 3 3 で行うハフ変換とは、与えられた画像の中から直線成分を検出する画像処理手法として広く用いられているものである。具体的に説明すると、まず、画像の中の輪郭構成点 (x , y) に対して、その点を通過する任意の直線を想定する。このとき、画像の原点からその直線に下ろした垂線長を ρ とし、 θ と画像の水平軸とのなす角度を θ とすると、 ρ と θ の間には、(式 1) の関係が成り立つ。

20

【 0 0 3 4 】

$$\rho = x \cdot \cos \theta + y \cdot \sin \theta \quad (\text{式 1})$$

ここで、与えられた画像の中の全ての輪郭構成点に対して、 ρ の値を所定値ずつ変更しながら、その都度 (式 1) で ρ を計算し、算出された (ρ , θ) に対応する画素値を 1 ずつインクリメントしていくという規則に基づいて、ハフ空間と呼ばれる (ρ , θ) 空間を作成する。この処理によって、与えられた画像の中に直線成分が含まれていれば、前記直線成分の (ρ , θ) に対応した画素には突出した値が格納されるため、ハフ空間から、その極大値を与える (ρ , θ) を特定して、与えられた画像の中の直線成分を検出するという手法である。

30

【 0 0 3 5 】

歩行者検知領域設定手段 4 0 は、無限遠点検出手段 3 0 で検出された、遠赤外線画像 2 0 0 の中の無限遠点の位置に基づいて、歩行者が存在すると想定される領域を設定するものである。

【 0 0 3 6 】

また、テンプレートマッチング手段 5 0 は、歩行者検知領域設定手段 4 0 で設定された領域に対して、輪郭強調画像 2 0 1 と、テンプレート記憶部 5 2 に記憶された歩行者のテンプレートとの間でテンプレートマッチング処理を行い、前記輪郭強調画像 2 0 1 と前記歩行者のテンプレートとの間で相関値を求める相関値算出部 5 1 と、前記相関値算出部 5 1 によって算出された相関値に基づいて、歩行者の存在位置を検出する歩行者存在位置検出部 5 3 とを備えた構成になっている。

40

【 0 0 3 7 】

マーカ重畳手段 6 0 は、遠赤外線撮像手段 1 0 によって得られた遠赤外線画像 2 0 0 のうち、上記テンプレートマッチング手段 5 0 により得られた歩行者の像の位置に、図 1 6 に示す矩形枠 F を重畳して出力するものである。

【 0 0 3 8 】

次に、本実施形態に係る遠赤外線歩行者検知装置 1 0 0 の作用について、図 3 のフローチャートを参照して説明する。

50

【 0 0 3 9 】

まず、車両に設置された遠赤外線撮像手段 1 0 が、車両の進行方向の所定領域を撮像し、例えば、図 4 に示す遠赤外線画像 2 0 0 や図 1 6 に示す遠赤外線画像 2 0 5 のような遠赤外線画像が撮像される。こうして撮像された遠赤外線画像では、例えば図 1 6 に示す遠赤外線画像 2 0 5 のように、人体のような熱を放射する物標部分に大きな値が格納され、画像上、明るく観測される。

【 0 0 4 0 】

以降、遠赤外線画像 2 0 0 を例にあげて、本発明の作用を説明する。

【 0 0 4 1 】

図 3 のステップ 1 (S 1) において、遠赤外線撮像手段 1 0 によって撮像された遠赤外線画像 2 0 0 は、画素値調整部 3 1 に入力される。前記画素値調整部 3 1 は、後で実施する輪郭の強調をより効果的に行うために、入力された遠赤外線画像 2 0 0 に対して、そのコントラストを高める処理を施す (図 3 の S 2) 。

10

【 0 0 4 2 】

コントラストを高める処理としては、例えば、遠赤外線画像 2 0 0 の中の画素値の最大値と最小値を求め、前記画素値が 8 ビットに量子化されている場合であれば、最大値を 2 5 5、最小値を 0 に変換して、中間値を線形に補間する処理や、前記画素値のヒストグラムを求め、その中央値を境に、前記中央値より小さい画素値をもつ画素は 0 から前記中央値の間で、また前記中央値より大きい画素値をもつ画素は、前記中央値から 2 5 5 の間で、それぞれ画素値を非線形に変換する処理が実行される。もちろん、上記特定の方法に限定するものではなく、上記と同等の効果を有する処理を行えばよい。

20

【 0 0 4 3 】

画素値調整部 3 1 でコントラストが高められた画像は、輪郭検出部 3 2 に入力される。前記輪郭検出部 3 2 は、入力された、前記コントラストが高められた画像に対して微分処理を施す (図 3 の S 3) 。微分処理によって、画像の中で画素値が急激に変化する、物体の輪郭が強調された輪郭強調画像 2 0 1 (図 5) が得られる。

【 0 0 4 4 】

画像の微分処理は、例えば、SobelオペレータやPrewittオペレータ等、提案されている様々なオペレータを用いて、空間フィルタリングと呼ばれるフィルタリング処理を行うことによって実行できる。この処理は、デジタル画像処理では一般的に用いられている手法であるため、詳細説明は割愛する。ここでは、これらいずれのオペレータを用いて処理を行ってもよい。

30

【 0 0 4 5 】

次に、前記輪郭検出部 3 2 で、前記輪郭強調画像 2 0 1 の中から、隣接する画素の間で画素値の差が大きい、強い輪郭強度を有する輪郭構成点を抽出する。ここでは、輪郭強調画像 2 0 1 の中で所定値以上の画素値を有する画素に「 1 」を格納し、それ以外の画素に「 0 」を格納する 2 値化処理を施す (図 3 の S 4) 。前記 2 値化処理によって、輪郭構成点画像 2 0 2 (図 6) が得られる。図 6 で、白い画素には、輪郭構成点を表す「 1 」が格納され、黒い画素には、輪郭構成点以外を表す「 0 」が格納される。

【 0 0 4 6 】

40

前記輪郭構成点画像 2 0 2 は、ハフ変換部 3 3 に入力される。前記ハフ変換部 3 3 は、輪郭構成点画像 2 0 2 に対してハフ変換を施し (図 3 の S 5) 、ハフ変換画像 2 0 3 (図 8) を得る。

【 0 0 4 7 】

ここで行うハフ変換の処理の手順を、図 7 を参照して説明する。

【 0 0 4 8 】

輪郭構成点画像 2 0 2 の中で「 1 」が格納された全ての画素に対し、その画素を通過する可能性のある直線を想定し、輪郭構成点画像 2 0 2 の左上の原点 $O(0, 0)$ から、想定した直線に下ろした垂線長 と、輪郭構成点画像 2 0 2 の水平軸と前記垂線のなす角度を算出する。

50

【 0 0 4 9 】

図 7 には、原点 $O(0, 0)$ から、輪郭構成点の代表として点 $C(x_0, y_0)$ を記載し、点 C を通る全ての直線の代表として、直線 L_1 を記載した。

【 0 0 5 0 】

(式 1) にて θ を所定値 (例えば 1°) ずつ変化させながら、その都度、 θ に対応する θ を算出して、 (x, y) の組み合わせを求めて、 (x, y) に対応する座標の画素値を 1 ずつインクリメントしていくことによって、ハフ空間と呼ばれるハフ変換画像 203 が作成される。

【 0 0 5 1 】

生成されたハフ変換画像 203 は、特定輪郭成分除去部 34 に入力され、水平方向および垂直方向に延びる輪郭を除去する処理が行われる (図 3 の S6)。

10

【 0 0 5 2 】

ここで、車両の進行方向前方を撮像した画像の中から、無限遠点を検出する場合、撮像された画像は透視変換を受けているため、無限遠点は、一般に、そこに向かって収束する複数の直線の交点として求められる。しかし、路上の障害物の輪郭や道路外の建造物の輪郭のように、無限遠点の位置を特定する情報にならない輪郭も多く存在する。特に、透視変換を受けた画像の中の水平方向に延びた輪郭 (水平輪郭) と垂直方向に延びた輪郭 (垂直輪郭) は、無限遠点の位置特定には不要なことが多い。特定輪郭成分除去部 34 では、無限遠点の検出に先立ち、このような水平輪郭と垂直輪郭を除去する処理を行う。

【 0 0 5 3 】

20

具体的には、前記ハフ変換画像 203 に対し、予め設定した閾値 θ を用いて、以下の変換処理を行う。ここで、ハフ変換画像 203 を $M(x, y)$ とし、特定輪郭成分を除去する処理の結果、得られる画像を $N(x, y)$ (以降、特定輪郭成分除去画像 204 と呼ぶ) とする。

$$N(x, y) = 0 \quad (\theta - 90^\circ \leq \theta < \theta + 90^\circ) \quad (\text{式 2})$$

$$N(x, y) = M(x, y) \quad (\text{式 2 以外の } \theta) \quad (\text{式 3})$$

ここで、 θ は水平輪郭および垂直輪郭に近いことを示す所定の閾値であり、例えば $\theta = 5^\circ$ と設定しておけばよい。こうして生成した特定輪郭成分除去画像 204 の例を図 9 に示す。なお、(式 2)、(式 3) に示した処理は、具体的には、ハフ変換画像 203 に対して (式 2) で示された範囲の画素値を全て 0 に置き換えるという簡単な処理によって実現することができる。

30

【 0 0 5 4 】

次に、直線検出部 35 にて、前記特定輪郭成分除去画像 204 から 2 本の直線を検出する (図 3 の S7)。この直線検出処理は、特定輪郭成分除去画像 204 に対して、所定値以上 θ が離れた、2 つの極大点を求めることによって行われる。

【 0 0 5 5 】

まず、特定輪郭成分除去画像 204 の中から最大値が格納された画素を特定する。特定された画素を (x_1, y_1) とする。次に、予め決めておいた所定値、例えば $\theta = 90^\circ$ に対し、 $\theta - 1^\circ \leq \theta < \theta + 1^\circ$ なる範囲の θ に対して、特定輪郭成分除去画像 204 の最大値が格納された画素を特定する。特定された画素を (x_2, y_2) とする。

40

【 0 0 5 6 】

このようにして特定された (x_1, y_1) 、および (x_2, y_2) が、遠赤外線画像 200 の中に存在する、輪郭構成点が多い上位 2 本の直線を表す。ここで、閾値 θ を設けるのは、できるだけ方向が異なる 2 本の直線を用いた方が、無限遠点を精度よく検出できるためである。 (x_1, y_1) と (x_2, y_2) の検出結果例を、図 10 に示す。

【 0 0 5 7 】

次に、直線の交点算出部 36 にて、2 本の直線 (x_1, y_1) と (x_2, y_2) の交点を算出する (図 3 の S8)。具体的には、 (x_1, y_1) と (x_2, y_2) で特定される 2 本の直線の式を求め、前記 2 本の直線の式を連立方程式として解くことにより、その交

50

点を特定する。こうして算出された交点が、遠赤外線画像 200 の中の無限遠点の位置を表す。

【0058】

次に、歩行者検知領域設定手段 40 において、算出された無限遠点の位置に基づいて、歩行者が存在すると想定できる領域を設定する（図 3 の S9）。

【0059】

ここで、歩行者検知領域の設定方法について、具体的数値を用いて説明する。
ここでは、遠赤外線撮像手段 10 の撮像素子の画素数を横方向 360 画素、縦方向 240 画素、撮像素子の 1 画素のサイズを $42\ \mu\text{m}$ （縦横とも同サイズ）、遠赤外線撮像手段 10 を構成するレンズ K1 の焦点距離を $f = 25\ \text{mm}$ とする。また、この遠赤外線撮像手段 10 は、車両の高さ $h = 180\ \text{cm}$ の位置に、車両の進行方向に向いて、俯角 0° で設置されるものとする。

【0060】

歩行者を検出する範囲は、歩行者検知システムの設計要件に基づいて設定すればよいが、ここでは、歩行者までの距離 $L = 30\ \text{m}$ から $90\ \text{m}$ の範囲、左右各 $W = 5\ \text{m}$ の範囲に存在する歩行者を検知するものとする。

【0061】

撮像素子に投影された歩行者の足元の縦方向位置 d_v は、図 11 に記載したレイアウトにおいて、歩行者までの距離 L と、遠赤外線撮像手段 10 を構成するレンズの焦点距離 f と、歩行者の身長 D_v とから、（式 4）で求められる。

【0062】

$$d_v = D_v \cdot f / L \quad (\text{式 4})$$

ここで、図 11 において、K1 は遠赤外線撮像手段 10 を構成するレンズ、K2 は遠赤外線撮像手段 10 を構成する撮像素子、K3 は歩行者を表す。

【0063】

$L = 30\ \text{m}$ 前方にいる身長 $D_v = 1.8\ \text{m}$ の歩行者の場合、（式 4）から、 $d_v = 1.5\ \text{mm}$ となる。 d_v を撮像素子のサイズ $42\ \mu\text{m}$ で除し、歩行者の足元の画面中央からの縦方向距離は 36 画素となる。同様に、 $L = 90\ \text{m}$ 前方にいる歩行者の場合、その歩行者の足元の画面中央からの縦方向距離は 12 画素となる。

【0064】

一方、図示は省略するが、図 11 と同様にして、歩行者の足元が、遠赤外線撮像手段 10 の撮像素子に投影される横方向位置 d_h は、歩行者までの距離 L と、遠赤外線撮像手段 10 を構成するレンズの焦点距離 f と、遠赤外線撮像手段 10 の光学系の光軸から歩行者までの水平方向距離 D_h とから、（式 5）で求められる。

【0065】

$$d_h = D_h \cdot f / [(D_h^2 + L^2)^{1/2} \cdot \cos\{\tan^{-1}(D_v / L)\}] \quad (\text{式 5})$$

ここで、 $L = 30\ \text{m}$ 前方、かつ左方向 $D_h = 5\ \text{m}$ の位置にいる歩行者の場合、 $d_h = 4.17\ \text{mm}$ となる。 d_h を撮像素子のサイズ $42\ \mu\text{m}$ で除し、歩行者の足元の画面中央からの左方向偏位量は 99 画素となる。同様に、 $L = 90\ \text{m}$ 前方、かつ左方向 $D_h = 5\ \text{m}$ にいる歩行者の足元の画面中央からの左方向偏位量は 34 画素となる。右方向 $D_h = 5\ \text{m}$ の位置にいる歩行者は、上記と対称な位置に観測されるため、歩行者の足元が存在すると考えられる歩行者検知領域は、図 12 に示す A1 の範囲となる。

【0066】

また、先述の条件の場合、遠赤外線画像 200 の中の無限遠点の位置は $V_{p1}(180, 120)$ となる。

【0067】

ここで、実際に車両に遠赤外線撮像手段 10 を設置したとき、あるいは、その状態で走行したとき、2 つの要因によって、遠赤外線撮像手段 10 の設置方向と走行している路面の関係が変化する。1 つは、カメラそのものの取り付け誤差によるもの、もうひとつは、走行中の車両の上下動によるものである。

【 0 0 6 8 】

例えば、遠赤外線撮像手段 1 0 の取り付け誤差、もしくは、走行中の車両の上下動により、遠赤外線撮像手段 1 0 の光学系の光軸の俯角が 0° でなく、下向き 5° になったと仮定する。このとき、歩行者の足元が存在すると考えられる歩行者検知領域は、次のようにして算出される。

【 0 0 6 9 】

図 1 3 に、遠赤外線撮像手段 1 0 の光学系の光軸が、車両進行方向を向き、水平から下向きに傾いた撮像モデルを示す。説明の簡素化のため、回転中心はレンズ中心と一致し、光学系の光軸は、上下方向のみに傾いているものとした。前記については回転中心が多少ずれても結果に大きく影響しない。後記については、もう一方の傾き(左右)に対して同様なモデルを適用すればよい。なお、図 1 3 の K 1 は遠赤外線撮像手段 1 0 を構成するレンズ、K 2 は遠赤外線撮像手段 1 0 を構成する撮像素子、K 3 は歩行者を表す。また、 d_v は撮像素子に投影された歩行者の足元の縦方向位置である。

【 0 0 7 0 】

図 1 1 のレイアウトの場合、遠赤外線画像 2 0 0 の中の無限遠点の位置は、 $V_{p2}(180, 68)$ となる。また、 d_v は、図 1 3 のレイアウトにおいて、歩行者までの距離 L と、遠赤外線撮像手段 1 0 を構成するレンズの焦点距離 f と、歩行者の身長 D_v とから、(式 6) で求められる。

【 0 0 7 1 】

$$d_v = f \cdot \tan \{ -\tan^{-1}(D_v / L) \} \quad (\text{式 6})$$

また、図示は省略するが、撮像素子に投影された歩行者の足元の横方向位置 d_h は、歩行者までの距離 L と、遠赤外線撮像手段 1 0 を構成するレンズの焦点距離 f と、遠赤外線撮像手段 1 0 の光学系の光軸から歩行者の足元までの水平方向距離 D_h とから、(式 7) で求められる。

【 0 0 7 2 】

$d_h = D_h \cdot f / [(D_h^2 + L^2)^{1/2} \cdot \cos \{ -\tan^{-1}(D_v / L) \}]$ (式 7)
(式 6)、(式 7) より、車両進行方向 3 0 m 前方から 9 0 m 前方、かつ左右各 5 m の範囲に存在する歩行者検知領域 A 2 は、図 1 4 に示す領域になる。

【 0 0 7 3 】

さらに、遠赤外線撮像手段 1 0 の光学系の光軸が、上向き 5° になった場合は、無限遠点の位置は $V_{p3}(180, 172)$ となり、車両進行方向 3 0 m 前方から 9 0 m 前方、かつ左右各 5 m の範囲に存在する歩行者検知領域は、図 1 5 に示す A 3 の領域になる。

【 0 0 7 4 】

以上、説明したように、歩行者の足元が存在すると考えられる歩行者検知領域の位置は、遠赤外線画像 2 0 0 の中の無限遠点の位置と 1 対 1 に対応しており、無限遠点の位置が特定できれば、歩行者検知領域を特定することができる。

【 0 0 7 5 】

遠赤外線撮像手段 1 0 の光学系の光軸は、俯角方向のみならず、水平方向にも変動する。この場合も、先述の手順と同様にして歩行者検知領域を推定することができる。

【 0 0 7 6 】

歩行者検知領域設定手段 4 0 には、撮像された遠赤外線画像 2 0 0 の中の無限遠点の位置に基づいて推定される、歩行者検知領域の位置情報が予め記憶されており、無限遠点検出手段 3 0 で検出された無限遠点の位置座標に基づいて、前記検出された無限遠点の位置座標に対応した歩行者検知領域の位置情報が読み出される。

【 0 0 7 7 】

次に、テンプレートマッチング手段 5 0 によって、前述の手順で設定した歩行者検知領域の内部の各画素に対し、テンプレートマッチングを行い、歩行者の存在有無と歩行者の存在位置を特定する。

【 0 0 7 8 】

テンプレートマッチング処理には、歩行者を撮像した遠赤外線画像から、その輪郭を検

10

20

30

40

50

出した画像をテンプレートとして利用する。前記テンプレートは、予めテンプレート記憶部 52 に記憶しておく。

【0079】

テンプレートマッチング処理は、テンプレート記憶部 52 に記憶されたテンプレートを、歩行者検知領域内部の画素毎にあてはめ、その都度、相関値算出部 51 にて、相関値を算出することによって行う（図 3 の S10、S11）。相関値の求め方には、様々な方法があるが、例えば、テンプレート内部の各画素と、それをあてはめた輪郭強調画像 201 の対応する画素との間で正規化相互相関値を求めたり、テンプレート内部の各画素と、それに対応する遠赤外線画像 200 の画素との間で、対応する画素値の差分値の総和を求めたりすればよい。

10

【0080】

前者の正規化相互相関値の場合、テンプレートを歩行者が存在する位置に当てはめたとき、相関値の最大値が算出される。後者の画素値の差分値の総和を計算する場合、テンプレートを歩行者が存在する位置に当てはめたとき、相関値の最小値が算出される。

【0081】

次に、歩行者存在位置検出部 53 において、前記相関値算出部 51 で計算された結果に基づいて、歩行者の存在有無と、歩行者が存在する場合はその存在位置を検出する（図 3 の S12）。この処理は、以下のようにして行う。

【0082】

相関値算出部 51 で計算された結果に対し、その結果を、予め決めておいた閾値と比較して、閾値より大きい、もしくは閾値より小さい画素が存在するか否かを判定する。

20

【0083】

相関値として正規化相互相関値を使った場合、閾値よりも大きな値があるか否かを判定すればよい。閾値よりも大きな相関値をもつ画素が見つかった場合、その位置に歩行者が存在すると判定し、閾値よりも大きな相関値をもつ画素が見つからなかった場合、歩行者は存在しないと判定する。

【0084】

一方、相関値として画素値の差分値の総和を使った場合、閾値よりも小さな値があるか否かを判定すればよい。閾値よりも小さい相関値をもつ画素が見つかった場合、その位置に歩行者が存在すると判定し、閾値よりも小さい相関値をもつ画素が見つからなかった場合、歩行者は存在しないと判定する。閾値の値、および判定基準は、利用する相関値に応じて設定すればよい。

30

【0085】

相関値算出部 51 で検出された歩行者の位置は、マーカ重畳手段 60 に送られ、マーカ重畳手段 60 は、歩行者の像の位置に基づいて、歩行者の像の領域を最小限に囲む矩形枠 F を設定し、この矩形枠 F を、遠赤外線撮像手段 10 から入力された遠赤外線画像 200 における歩行者の位置に重畳して、画像表示手段 70 に出力する。

【0086】

画像表示手段 70 は、マーカ重畳手段 60 から送られた、遠赤外線画像 200 の歩行者の像に、矩形枠 F が付された画像を表示する（図 3 の S13）。図 16 に、こうして生成された遠赤外線画像 205 の 1 例を示す。

40

【0087】

なお、直線検出部 35 にて、特定輪郭成分除去画像 204 から 2 本の直線を検出する際、その方向が所定値 以上離れるという条件をつけ、具体例として、 $\theta = 90^\circ$ と記載したが、 θ の値は 90° に限定される訳ではない。

【0088】

出来るだけ方向が離れた 2 本の直線の交点を探した方が無限遠点を精度よく検出できるため、道路の左端を表す直線と、道路の右端を表す直線を検出するのが望ましい。例えば、遠赤外線撮像手段 10 が、図 11 のレイアウトにある場合、幅 10 m の道路の左端と右端は、無限遠点 $Vp1$ において、約 140° の角度で交差する。したがって、このような

50

場合、 θ は 140° を超えない値に設定しておけばよい。

【0089】

このように構成された本発明に係る遠赤外線歩行者検知装置100によれば、特定輪郭成分除去手段34によって、輪郭検出手段32で検出された輪郭構成点のうち、画像の中の無限遠点の位置を特定するための情報として利用できない可能性がある、輪郭の延びる方向が水平もしくは水平に近い輪郭構成点、および垂直もしくは垂直に近い輪郭構成点が除去されるため、無限遠点検出手段30が、遠赤外線撮像手段10によって撮像された画像の中から無限遠点の位置を精度よく検出し、歩行者検知領域設定手段40が、検出された無限遠点の位置に応じて、撮像された画像の中の歩行者の検知領域を制限するため、歩行者検知のための計算機処理手段として、例えば、テンプレートマッチング処理を行うものでは、このテンプレートマッチング処理に要する計算機負荷を低減することができる。

10

【0091】

なお、本実施形態に係る遠赤外線歩行者検知装置にあつては、歩行者検知領域を予め設定した所定範囲に限定しているが、本発明に係る遠赤外線歩行者検知装置はこの形態に限定されるものではなく、例えば、車両に備え付けたセンサによって取得した車両の走行速度に応じて、あるいは、車両に備え付けたナビゲーションシステムによって取得した、現在走行している道路の幅に応じて、歩行者検知領域の位置やサイズを変更する構成を採用することもできる。

【0092】

20

このように、歩行者検知領域のサイズを動的に変更し、かつ、遠赤外線画像の中の無限遠点の位置に基づいて、前記歩行者検知領域の位置を特定する構成によっても、上述した実施形態と同様の作用、効果を発揮することができる。

【符号の説明】

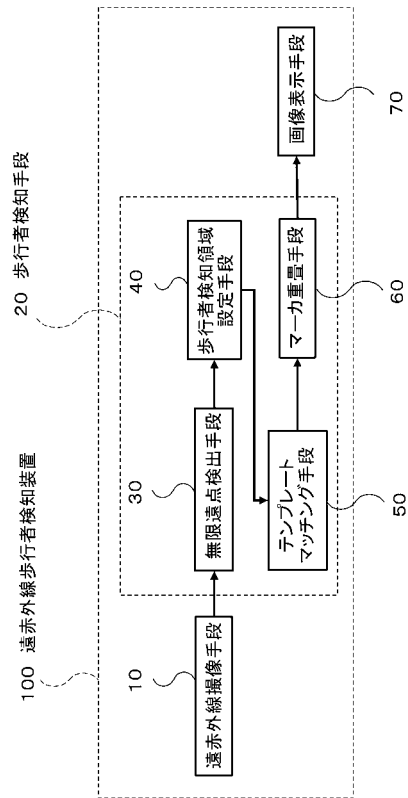
【0093】

- 10 遠赤外線撮像手段
- 20 歩行者検知手段
- 30 無限遠点検出手段
- 31 画素値調整部
- 32 輪郭検出部
- 33 ハフ変換部
- 34 特定輪郭成分除去部
- 35 直線検出部
- 36 直線の交点算出部
- 40 歩行者検知領域設定手段
- 50 テンプレートマッチング手段
- 51 相関値算出部
- 52 テンプレート記憶部
- 53 歩行者存在位置検出部
- 60 マーカ重畳手段
- 70 画像表示手段

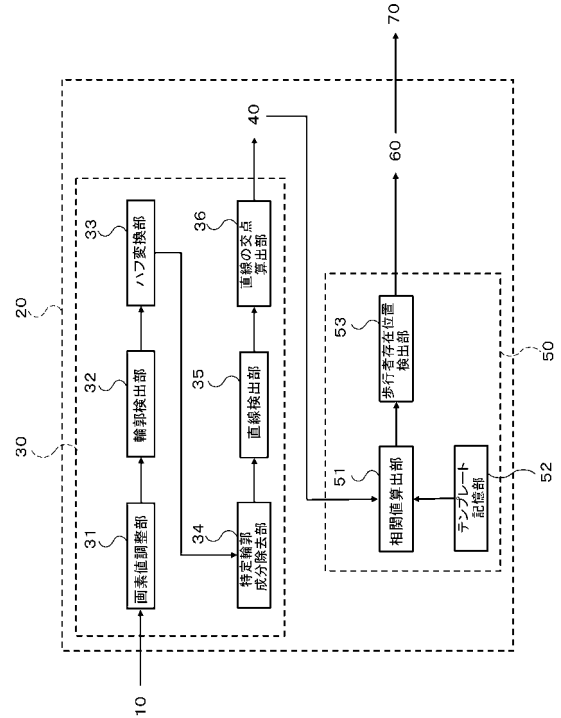
30

40

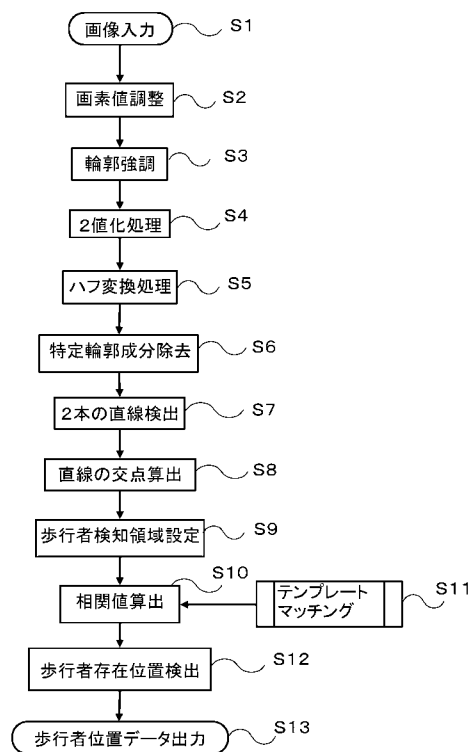
【図 1】



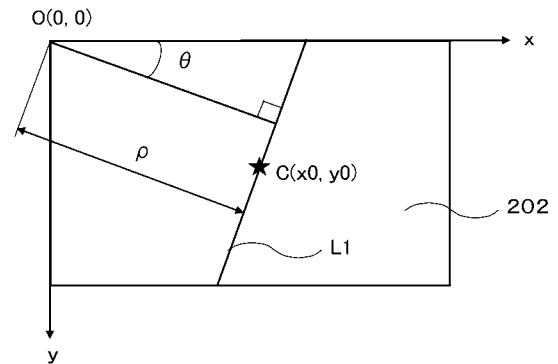
【図 2】



【図 3】



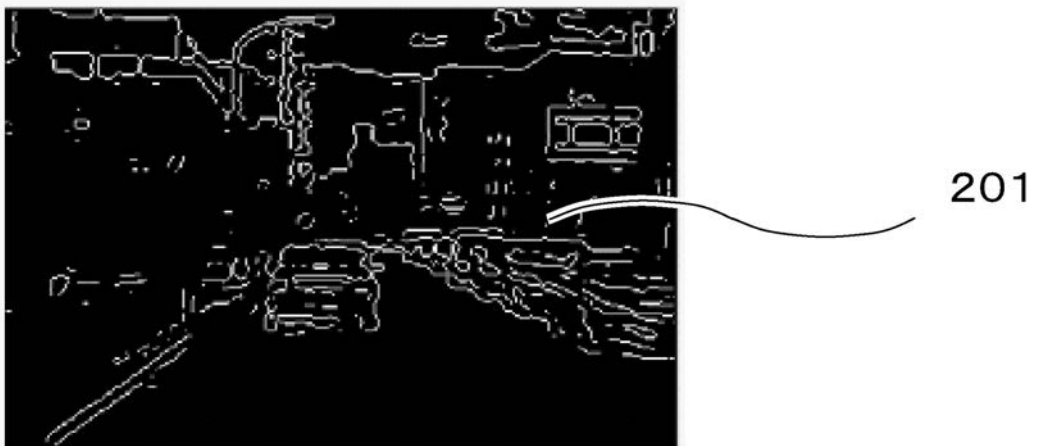
【図 7】



【図 4】



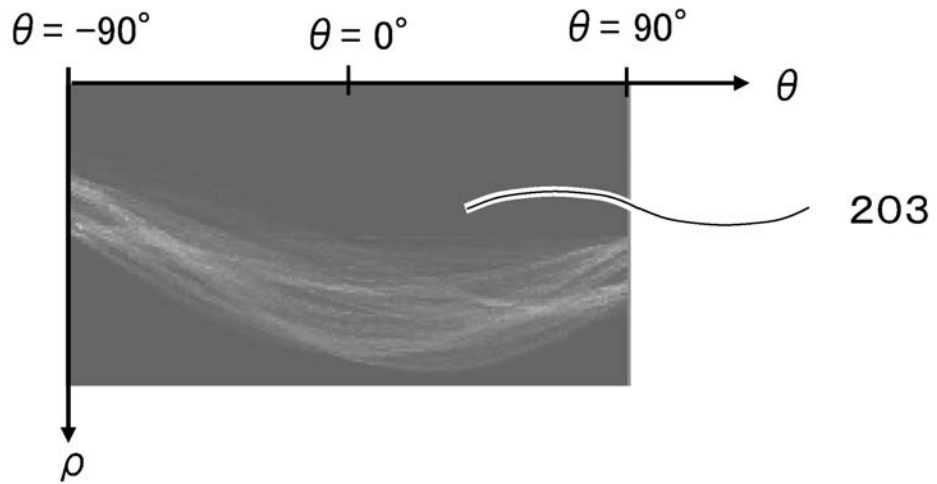
【図 5】



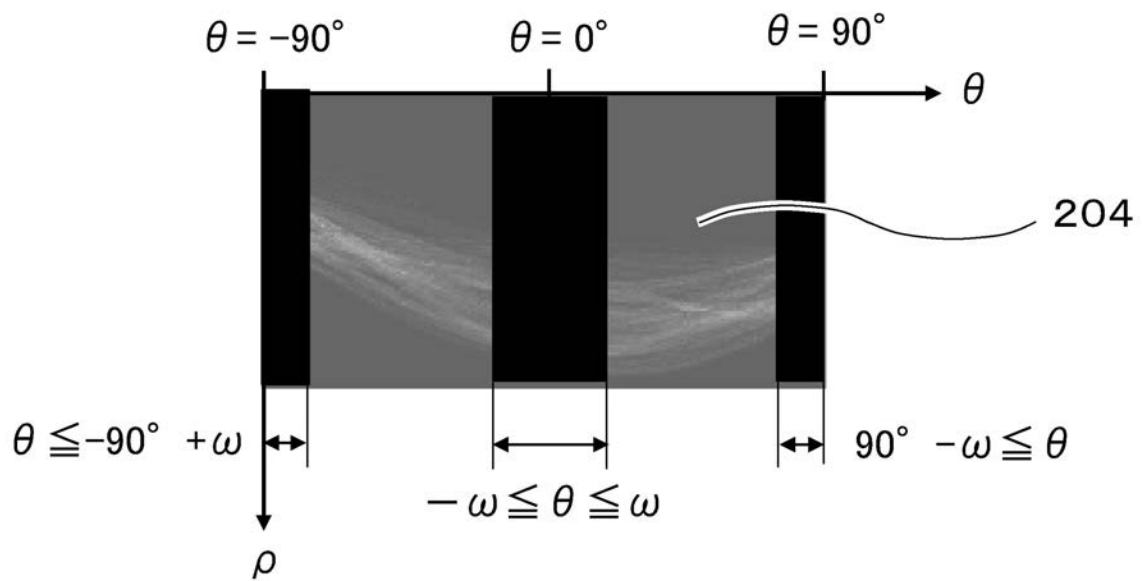
【図 6】



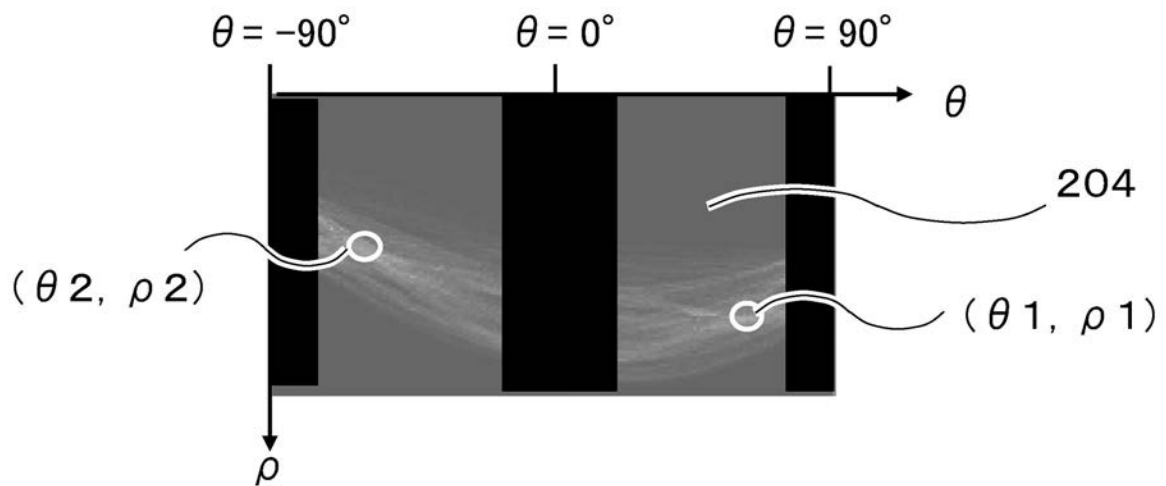
【図 8】



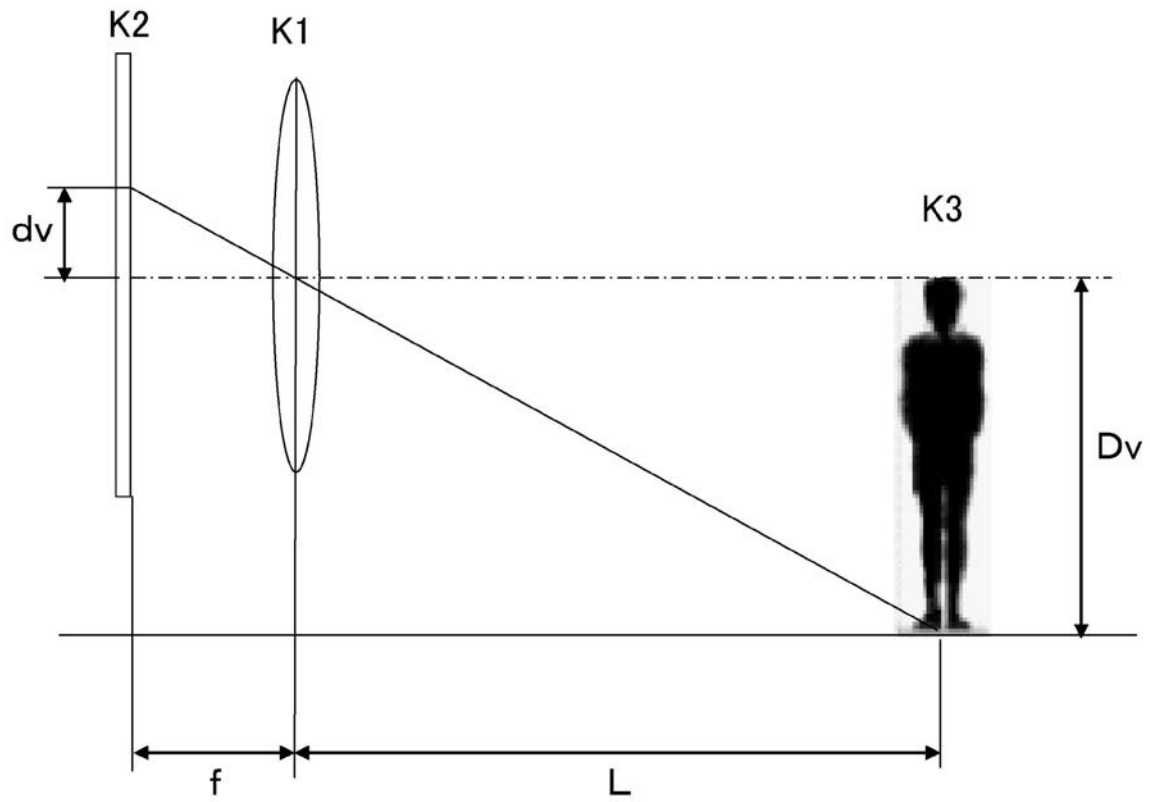
【図 9】



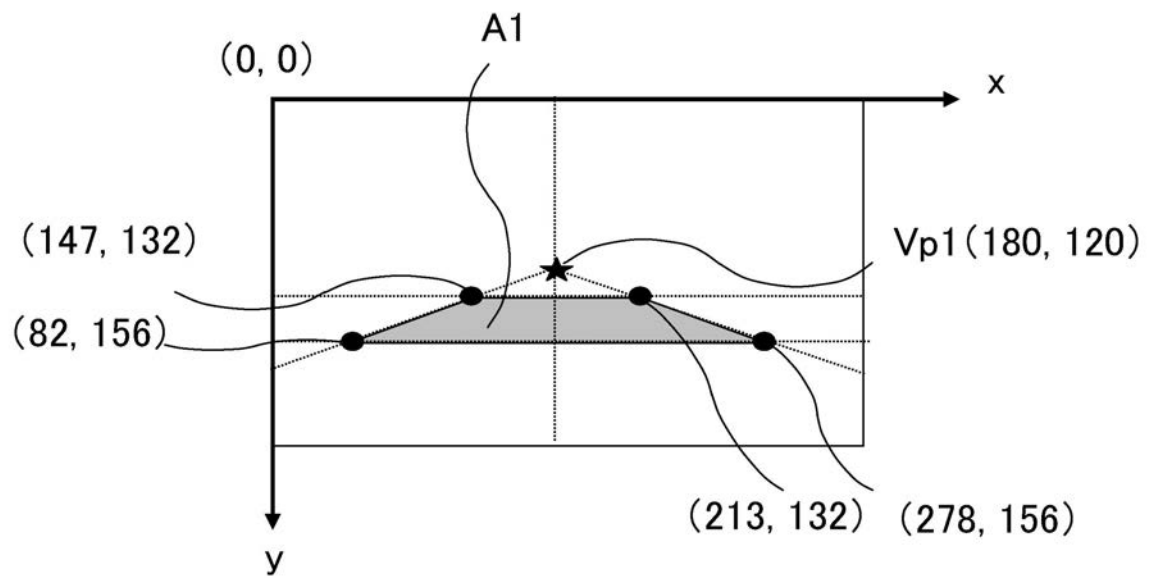
【図 10】



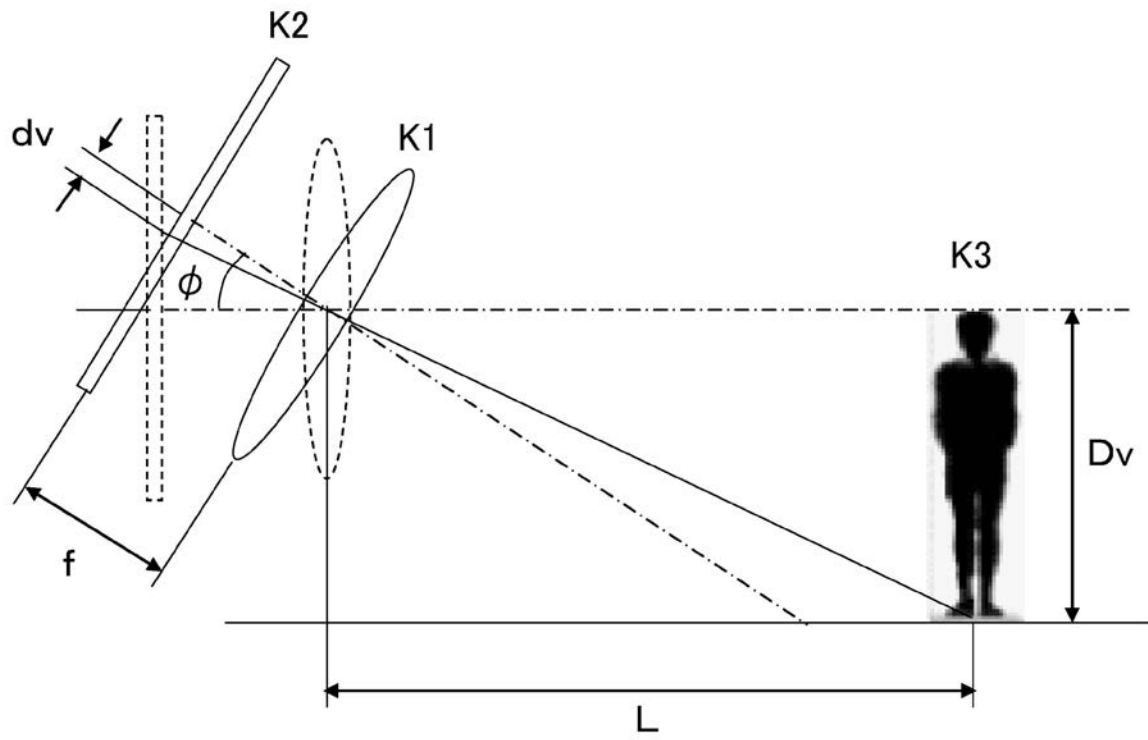
【図 1 1】



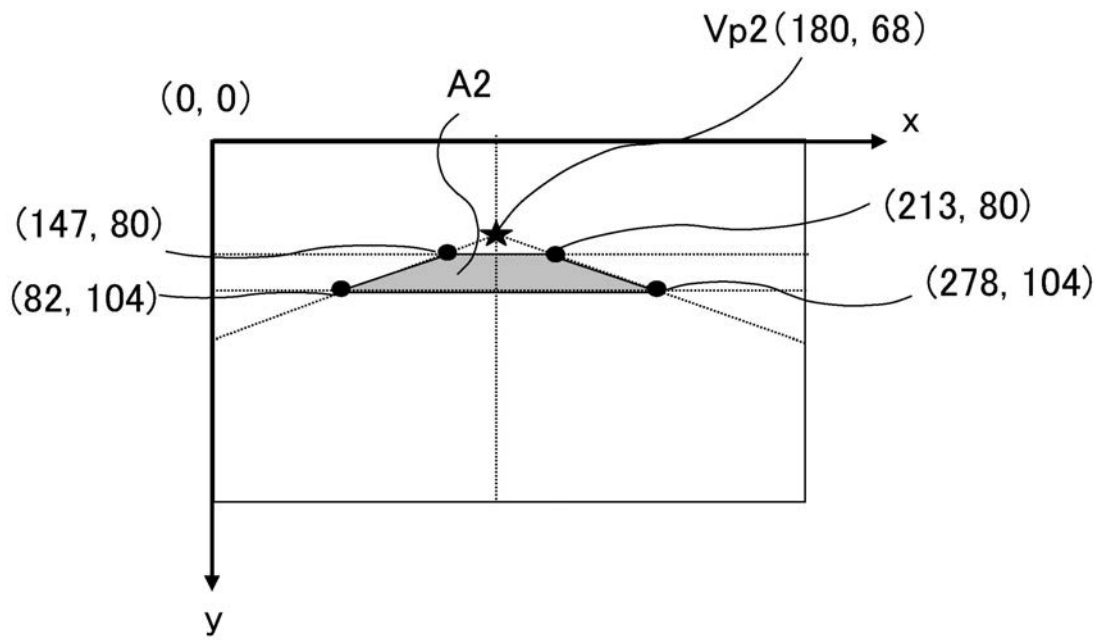
【図 1 2】



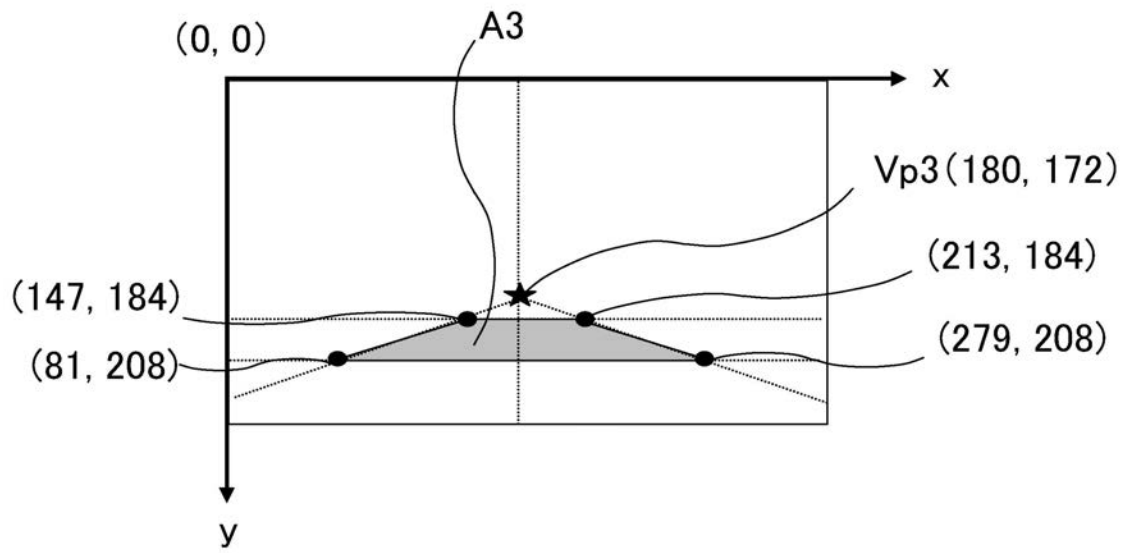
【図 13】



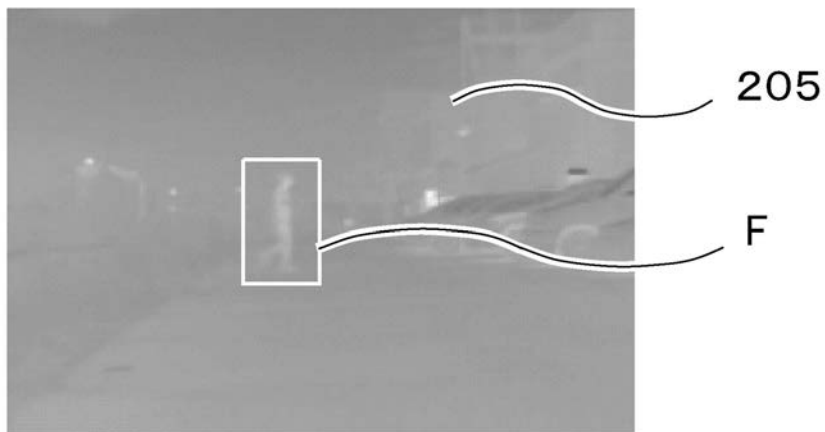
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 3 1 6 6 0 7 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 3 1 4 0 6 1 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 6 5 4 6 3 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 6 T	7 / 0 0
G 0 6 T	1 / 0 0
G 0 8 G	1 / 1 6
H 0 4 N	7 / 1 8