

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5152144号
(P5152144)

(45) 発行日 平成25年2月27日(2013.2.27)

(24) 登録日 平成24年12月14日(2012.12.14)

(51) Int.Cl. F I
G06T 7/60 (2006.01) G06T 7/60 I50D
G06T 7/20 (2006.01) G06T 7/20 B

請求項の数 11 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2009-233622 (P2009-233622)	(73) 特許権者	502324066 株式会社デンソーアイティラボラトリ 東京都渋谷区渋谷2-15-1 渋谷クロ スタワー28F
(22) 出願日	平成21年10月7日(2009.10.7)	(73) 特許権者	000004260 株式会社デンソー 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(65) 公開番号	特開2011-81613 (P2011-81613A)	(74) 代理人	100106149 弁理士 矢作 和行
(43) 公開日	平成23年4月21日(2011.4.21)	(74) 代理人	100121991 弁理士 野々部 泰平
審査請求日	平成24年1月13日(2012.1.13)	(74) 代理人	100145595 弁理士 久保 貴則

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

移動体に搭載され、定期的に画像を撮像して出力する画像出力手段と、
前記画像出力手段により撮像された画像における、特徴点を複数抽出する特徴点抽出部と、

前記画像出力手段から時系列に出力された複数の画像における、同一特徴点の変化から、複数の特徴点のオプティカルフローをそれぞれ算出するオプティカルフロー算出部と、
前記オプティカルフロー算出部によって算出された複数のオプティカルフローを延長した交点である拡張焦点を算出する拡張焦点算出部と、

前記拡張焦点算出部によって算出された拡張焦点を用いて、前記特徴点が移動点であるか静止点であるかを判定する判定部と、を備え、

前記拡張焦点算出部は、複数の特徴点に関して、拡張焦点から特徴点の座標へ向かう線分と、当該特徴点のオプティカルフローとがなす角度を誤差として、各特徴点の誤差の総和を評価する評価関数を算出し、当該評価関数を用いて、前記誤差の総和が小さくなるように拡張焦点を定めるものであり、各特徴点の誤差から前記評価関数を算出する際に、拡張焦点から特徴点の座標へ向かう線分とその特徴点のオプティカルフローとがなす角度が大きくなるほど、前記評価関数に対する当該特徴点の誤差の影響度合を低減する重み係数を用いることを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】

前記拡張焦点算出部は、前記判定部によって各特徴点が移動点であるか静止点であるか

10

20

を判定されている場合、静止点と判定された特徴点のみを用いて、各特徴点の誤差の総和を評価する評価関数を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記拡張焦点算出部は、以下の数式 1 によって表される評価関数 E を用い、この評価関数 E が最小となる拡張焦点 F を最小二乗法により求めることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の画像処理装置。

【数 1】

$$E(F) = \sum_i [W_i |V_i \wedge (P_i - F)|]^2$$

10

ただし、 W_i は重み係数、 V_i はオプティカルフロー、 P_i は特徴点の座標、 F は拡張焦点座標である。

【請求項 4】

前記拡張焦点算出部は、各特徴点の重み係数 W_i の初期値を、過去に算出された拡張焦点 F_{prev} を用いて算出される外積値 R_i を利用して、以下の数式 2 のように定め、重み係数 W_i の初期値を用いて評価関数 E が最小となる拡張焦点 F が求められたら、外積値 R_i における過去に算出された拡張焦点 F_{prev} を、求めた拡張焦点 F で置換することにより、各特徴点の外積値 R_i 及び重み係数 W_i を更新し、更新した重み係数 W_i を用いて評価関数 E が最小となる拡張焦点 F を求めるとの手順を繰り返すことで、拡張焦点 F の変動が所定範囲に収まるようになると、そのときの拡張焦点 F を今回の拡張焦点 F と定めることを特徴とする請求項 3 に記載の画像処理装置。

20

【数 2】

$$W_i = [1 + (R_i / R_o)^2]^{1/2}$$

$$R_i = |V_i \wedge (P_i - F_{prev})|$$

【請求項 5】

前記拡張焦点算出部は、各特徴点の重み係数 W_i の初期値を、過去に算出された拡張焦点 F_{prev} を用いて以下の数式 3 のように定め、重み係数 W_i の初期値を用いて前記評価関数 E が最小となる拡張焦点 F が求められたら、重み係数 W_i における過去に算出された拡張焦点 F_{prev} を、求めた拡張焦点 F で置換することにより、各特徴点の重み係数 W_i を更新し、更新した重み係数 W_i を用いて前記評価関数 E が最小となる拡張焦点 F を求めるとの手順を繰り返すことで、拡張焦点 F の変動が所定範囲に収まるようになると、そのときの拡張焦点を今回の拡張焦点と定めることを特徴とする請求項 3 に記載の画像処理装置。

30

【数 3】

$$W_i = |V_i \wedge (P_i - F_{prev})|^{-1}$$

40

【請求項 6】

前記重み係数 W_i が、所定の上限値以上の大きさとなったとき、その上限値を重み係数 W_i として用いることを特徴とする請求項 5 に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記判定部は、前記拡張焦点から特徴点の座標へ向かう線分と、当該特徴点のオプティカルフローとがなす角度が第 1 判定角度以下である場合に、その特徴点を静止点であると判定することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか記載の画像処理装置。

50

【請求項 8】

前記判定部は、前記拡張焦点算出部によって拡張焦点が算出されるごとに、前記拡張焦点から特徴点の座標へ向かう線分と、当該特徴点のオプティカルフローとがなす角度と前記第 1 判定角度との比較を行い、前記角度が前記第 1 判定角度以下との判定が複数回連続して成立した場合に、その特徴点を静止点と判定することを特徴とする請求項 7 に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

前記判定部は、前記拡張焦点から特徴点の座標へ向かう線分と、当該特徴点のオプティカルフローとがなす角度が第 2 判定角度より大きい場合に、その特徴点を移動点であると判定することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかに記載の画像処理装置。

10

【請求項 10】

前記判定部は、前記拡張焦点算出部によって拡張焦点が算出されるごとに、前記拡張焦点から特徴点の座標へ向かう線分と、当該特徴点のオプティカルフローとがなす角度と前記第 2 判定角度との比較を行い、前記角度が前記第 2 判定角度より大きいとの判定が複数回連続して成立した場合に、その特徴点を移動点と判定することを特徴とする請求項 9 に記載の画像処理装置。

【請求項 11】

前記拡張焦点算出部は、今回算出された拡張焦点と過去に算出された拡張焦点とを平均処理して、最終的な拡張焦点を求めることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 10 のいずれかに記載の画像処理装置。

20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、移動体に搭載されたビデオカメラなどの撮像装置が撮影した画像を処理する画像処理装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

例えば自動車などの移動体にビデオカメラを搭載し、そのビデオカメラからの時々刻々と変化する画像を処理することにより、その画像中における移動物体を検出する装置が種々提案されている。

30

【0003】

例えば特許文献 1 に記載の装置では、まず、直進運動を行なう観測系が持つ TV カメラ画像の時間変化を解析することにより、局所領域単位の動きであるオプティカルフローを抽出する。このオプティカルフローを直線の方程式に変換し、これらを連立して解くことにより、観測系の直進運動の方向の投影点である FOE (拡張焦点: Focus of Expansion) 位置を求め、記憶する。そして、記憶されている FOE 位置に対する、現時点の FOE 位置との時間的位置変化を解析して、この時間的位置変化が所定の変化量以上のときに、移動物体が存在すると判断する。

【先行技術文献】**【特許文献】**

40

【0004】

【特許文献 1】特開平 8 - 194822 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

上述した特許文献 1 の装置では、記憶している FOE 位置の算出時には移動物体が存在しないことを前提としている。しかしながら、例えば自動車などの移動体にビデオカメラを搭載した場合には、必ずしも移動物体が存在しない状況が出現するとは限らない。

【0006】

ここで、特許文献 1 の装置では、単に、画像の局所領域単位の動きであるオプティカル

50

フローをそれぞれ抽出して、それらオプティカルフローの交点である F O E 位置を L U 分解法、特異点分解法等の計算手法により求めているだけである。このため、画像中に移動物体が含まれていたり、一部の静止物体に関して、静止物体ではあっても抽出されるオプティカルフローの誤差が大きかったりする場合には、精度良く F O E 位置を求めることができない。移動物体の検出精度は、F O E 位置の精度に依存するため、F O E 位置精度が十分ではないと、移動物体の検出精度も低下することになる。

【 0 0 0 7 】

本発明は、上述した点に鑑みてなされたものであり、F O E の位置を高精度に求めることが可能な画像処理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】

【 0 0 0 8 】

上記目的を達成するために、請求項 1 に記載の画像処理装置は、
移動体に搭載され、定期的に画像を撮像して出力する画像出力手段と、
画像出力手段により撮像された画像における、特徴点を複数抽出する特徴点抽出部と、
画像出力手段から時系列に出力された複数の画像における、同一特徴点の変化から、複数の特徴点のオプティカルフローをそれぞれ算出するオプティカルフロー算出部と、
オプティカルフロー算出部によって算出された複数のオプティカルフローを延長した交点である拡張焦点を算出する拡張焦点算出部と、
前記拡張焦点算出部によって算出された拡張焦点を用いて、前記特徴点が移動点であるか静止点であるかを判定する判定部と、を備え、

拡張焦点算出部は、複数の特徴点に関して、拡張焦点から特徴点の座標へ向かう線分と、当該特徴点のオプティカルフローとがなす角度を誤差として、各特徴点の誤差の総和を評価する評価関数を算出し、当該評価関数を用いて、誤差の総和が小さくなるように拡張焦点を定めるものであり、各特徴点の誤差から評価関数を算出する際に、拡張焦点から特徴点の座標へ向かう線分と特徴点のオプティカルフローとがなす角度が大きくなるほど、評価関数に対する当該特徴点の誤差の影響度合を低減する重み係数を用いることを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

上述したように、請求項 1 に記載の画像処理装置では、拡張焦点から特徴点の座標へ向かう線分と特徴点のオプティカルフローとがなす角度が大きくなるほど、評価関数に対する当該特徴点の誤差の影響度合を低減する重み係数を用いて、各特徴点の誤差から評価関数を算出し、このようにして算出された評価関数を用いて、誤差の総和が小さくなるように拡張焦点を定める。

【 0 0 1 0 】

移動点のオプティカルフローや、静止点のオプティカルフローであっても誤差が大きい場合には、そのオプティカルフローと、拡張焦点から各特徴点へ向かう線分とがなす角度は相対的に大きくなる。このようなオプティカルフローを持った特徴点に関しては、上述した重み係数により、評価関数を算出する際に、その特徴点の誤差の影響度合が低減される。換言すれば、重み係数を用いつつ評価関数を算出することにより、拡張焦点から特徴点へ向かう線分との角度差が小さいオプティカルフローを有する特徴点の誤差をより重視して、誤差の総和を評価する評価関数を算出することができる。

【 0 0 1 1 】

従って、画像中に移動点のオプティカルフローが含まれていたり、一部の静止点のオプティカルフローの誤差が大きかったりしても、それらの影響を低減して、主に、精度良く算出された静止点のオプティカルフローから拡張焦点の位置を定めることができる。この結果、拡張焦点の位置を高精度に求めることができる。

【 0 0 1 2 】

請求項 2 に記載したように、拡張焦点算出部は、判定部によって各特徴点が移動点であるか静止点であるかが判定されている場合、静止点と判定された特徴点のみを用いて、各特徴点の誤差の総和を評価する評価関数を算出するようにしても良い。このように、特徴

10

20

30

40

50

点として、静止点のみを対象として評価関数を算出することにより、相対的に小さい誤差のみを用い、さらにその中でもより小さい誤差を重視して評価関数を算出することができる。従って、この評価関数を用いて、より精度良く拡張焦点の位置を定めることができる。

【 0 0 1 3 】

請求項 3 に記載したように、拡張焦点算出部は、以下の数式 1 によって表される評価関数 E を用い、この評価関数 E が最小となる拡張焦点 F を最小二乗法により求めることができる。

【 0 0 1 4 】

【 数 1 】

$$E(F) = \sum_i [W_i |V_i \wedge (P_i - F)|]^2$$

ただし、 W_i は重み係数、 V_i はオプティカルフロー、
 P_i は特徴点の座標、 F は拡張焦点座標である。

【 0 0 1 5 】

数式 1 において、 $|V_i \wedge (P_i - F)|$ は、オプティカルフロー V_i と、拡張焦点 F から特徴点 P_i へ向かう線分 $(P_i - F)$ との外積の値を示している。外積の値は、オプティカルフロー V_i と拡張焦点 F から特徴点 P_i へ向かう線分 $(P_i - F)$ とのなす角度が大きくなるほど、大きくなる。従って、重み係数 W_i を用いて、角度の小さい外積の値を重視しつつ評価関数 E を算出し、この評価関数 E が最小値となるように拡張焦点 F の位置を定めることにより、各静止点のオプティカルフローに合致した拡張焦点 F の位置を求めることができる。

【 0 0 1 6 】

請求項 4 に記載したように、拡張焦点算出部は、各特徴点 P_i の重み係数 W_i の初期値を、過去に算出された拡張焦点 F_{prev} を用いて算出される外積値 R_i を利用して、以下の数式 2 のように定め、重み係数 W_i の初期値を用いて評価関数 E が最小となる拡張焦点 F が求められたら、外積値 R_i における過去に算出された拡張焦点 F_{prev} を、求めた拡張焦点 F で置換することにより、各特徴点の重み係数 W_i を更新し、更新した重み係数 W_i を用いて評価関数 E が最小となる拡張焦点 F を求めるとの手順を繰り返すことで、拡張焦点 F の変動が所定範囲に収まるようになると、そのときの拡張焦点 F を今回の拡張焦点 F と定めることが好ましい。

【 0 0 1 7 】

【 数 2 】

$$W_i = [1 + (R_i / R_o)^2]^{-1/2}$$

$$R_i = |V_i \wedge (P_i - F_{prev})|$$

【 0 0 1 8 】

今回の拡張焦点の位置は、過去（前回）に算出した拡張焦点 F_{prev} の近傍に存在すると仮定することができる。そこで、重み係数 W_i の初期値を、オプティカルフロー V_i と、過去に算出された拡張焦点 F_{prev} から特徴点 P_i へ向かう線分 $(P_i - F_{prev})$ との外積値 R_i を利用して定める。なお、 R_o は、予め実験等により定める定数である。これにより、誤差の大きい特徴点 P_i ほど、重みが小さくなるように、重み係数 W_i を定めることができる。逆に、誤差が小さい特徴点 P_i ほど、1 を上限として重みが大きくなるように、重み係数 W_i を定めることができる。すなわち、上述した数式 2 によって重み係数 W_i を算出した場合、重み係数 W_i は、誤差がゼロであって外積値 R_i がゼロとなるときに 1 を最大値として、誤差が大きくなるにつれて単調減少する。従って、各特徴

10

20

30

40

50

点 P_i の誤差の大きさに適切に対応した重み係数 W_i を算出することができる。

【0019】

さらに、数式2を用いて重み係数 W_i を算出することにより、拡張焦点 F から各特徴点 P_i までの距離差の影響が、評価関数 E に反映されることを抑制することができる。つまり、評価関数 E を算出する際の、オブティカルフロー V_i と、拡張焦点 F から特徴点 P_i へ向かう線分 ($P_i - F$) との外積値は、それらがなす角度のみによらず、オブティカルフロー V_i の長さや、拡張焦点 F から特徴点 P_i へ向かう線分 ($P_i - F$) の長さの影響を受ける。オブティカルフロー V_i の長さや、拡張焦点 F から特徴点 P_i へ向かう線分 ($P_i - F$) の長さは、各特徴点と拡張焦点との距離などに応じて相違する。従って、重み係数 W_i の初期値を、オブティカルフロー V_i と、過去に算出された拡張焦点 F_{prev} から特徴点 P_i へ向かう線分 ($P_i - F$) との外積値 R_i を利用して数式2のように定めることにより、各特徴点 P_i について、オブティカルフロー V_i と、拡張焦点 F から特徴点 P_i へ向かう線分 ($P_i - F$) とがなす角度 θ_i を誤差として、誤差の総和を評価する評価関数 E を算出する際に、各特徴点 P_i と拡張焦点 F との距離差の影響を低減することができる。

10

【0020】

そして、重み係数 W_i の初期値を用いて評価関数 E が最小となる拡張焦点 F が求められたら、重み係数 W_i を算出するための外積値 R_i における過去に算出された拡張焦点 F_{prev} を、求めた拡張焦点 F で置換することにより、各特徴点の重み係数 W_i を更新する。さらに、更新した重み係数 W_i を用いて評価関数 E が最小となる拡張焦点 F を求めるとの手順を、拡張焦点 F の変動が所定範囲に収まるようになるまで繰り返す。これにより、拡張焦点の位置をより高精度に求めることができる。

20

【0021】

なお、重み係数 W_i は、上述した数式2に従って算出されるものに限られず、例えば、請求項5に記載したように、以下の数式3に従って算出されても良い。

【0022】

【数3】

$$W_i = |V_i \wedge (P_i - F_{prev})|^{-1}$$

30

【0023】

数式3によれば、重み係数 W_i の初期値が、オブティカルフロー V_i と、過去に算出された拡張焦点 F_{prev} から特徴点 P_i へ向かう線分 ($P_i - F_{prev}$) との外積の逆数として定められる。そして、数式2の場合と同様に、重み係数 W_i の初期値を用いて評価関数 E が最小となる拡張焦点 F が求められたら、数式3の重み係数 W_i における過去に算出された拡張焦点 F_{prev} を、求めた拡張焦点 F で置換することにより、各特徴点の重み係数 W_i を更新する。さらに、更新した重み係数 W_i を用いて評価関数 E が最小となる拡張焦点 F を求めるとの手順を、拡張焦点 F の変動が所定範囲に収まるようになるまで繰り返す。

【0024】

上記の数式3に従って重み係数 W_i を算出した場合も、誤差の大きい特徴点ほど、重みが小さくなるように、重み係数 W_i を定めることができる。ただし、誤差が極めて小さくなったときに、重み係数 W_i が極大化するので、求めるべき拡張焦点位置の不安定化を招きやすいとのデメリットはあるが、数式2に比較して、重み係数 W_i を算出するための演算を簡略化することができる。

40

【0025】

なお、数式3に従って重み係数 W_i を算出する場合、求めるべき拡張焦点位置の不安定化を抑制するために、請求項6に記載したように、重み係数 W_i が、所定の上限值以上の大きさとなったとき、その上限値を重み係数 W_i として用いることが好ましい。これにより、誤差が極めて小さくなったとき、重み係数 W_i が過剰に大きくなることを防止するこ

50

とができる。

【0026】

請求項7に記載したように、判定部は、拡張焦点から特徴点の座標へ向かう線分と、当該特徴点のオプティカルフローとがなす角度が第1判定角度以下である場合に、その特徴点を静止点であると判定することができる。静止点のオプティカルフローは、拡張焦点位置に投影されるものであるため、精度の高い拡張焦点位置を求めることができれば、拡張焦点から特徴点の座標へ向かう線分と、当該特徴点のオプティカルフローとがなす角度が第1判定角度以下との簡単な判定処理により、静止点であることを判定できる。

【0027】

ただし、請求項8に記載したように、判定部は、拡張焦点算出部によって拡張焦点が算出されるごとに、拡張焦点から特徴点の座標へ向かう線分と、当該特徴点のオプティカルフローとがなす角度と第1判定角度との比較を行い、その角度が第1判定角度以下との判定が複数回連続して成立した場合に、その特徴点を静止点と判定するようにしても良い。これにより、静止点に関する判定精度を高めることができる。

10

【0028】

また、請求項9に記載したように、判定部は、拡張焦点から特徴点の座標へ向かう線分と、当該特徴点のオプティカルフローとがなす角度が第2判定角度より大きい場合に、その特徴点を移動点であると判定することができる。拡張焦点から特徴点の座標へ向かう線分の向きとは異なるオプティカルフローを示すのは、移動点に限られ、精度の高い拡張焦点位置を求めることができれば、拡張焦点から特徴点の座標へ向かう線分と、当該特徴点のオプティカルフローとがなす角度が第2判定角度以上との簡単な判定処理により、移動点であることを判定できる。

20

【0029】

請求項10に記載したように、判定部は、拡張焦点算出部によって拡張焦点が算出されるごとに、拡張焦点から特徴点の座標へ向かう線分と、当該特徴点のオプティカルフローとがなす角度と第2判定角度との比較を行い、その角度が第2判定角度より大きいとの判定が複数回連続して成立した場合に、その特徴点を移動点と判定するようにしても良い。これにより、移動点に関する判定精度を高めることができる。

【0030】

請求項11に記載したように、拡張焦点算出部は、今回算出された拡張焦点と過去に算出された拡張焦点とを平均処理して、最終的な拡張焦点を求めても良い。これにより、拡張焦点の位置の変動を抑えて、安定化された拡張焦点位置を求めることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】本発明の実施形態による画像処理装置の構成を示す構成図である。

【図2】画像処理装置において実行される各種の機能を説明するためのフロー図である。

【図3】本実施形態による画像処理装置において、移動物体の検出手法の概要を説明するための説明図である。

【図4】 R_i / R_o の変化に対する重み係数 W_i の変化を示したグラフである。

【図5】本実施形態による画像処理装置において算出されるFOE位置の誤差と、本実施形態における重み係数 W_i を用いずに算出したFOE位置の誤差とを対比して示すグラフである。

40

【発明を実施するための形態】

【0032】

以下、本発明の実施形態による画像処理装置について、図面に基づいて詳細に説明する。本実施形態による画像処理装置は、移動体に搭載され、移動体とともに移動する撮像装置が撮影した画像を処理することにより、画像に移動物体が含まれているか否かを判定して移動物体の検知を行なうものである。なお、本実施形態では、画像処理装置が、自動車に搭載された例について説明する。

【0033】

50

図1に示すように、画像処理装置100は、撮像装置としてのビデオカメラ10、及びこのビデオカメラ10によって撮影された画像を処理する画像処理ECU20とを備えている。

【0034】

ビデオカメラ10は、例えば、CCDカメラによって構成され、自動車の前方を撮影するように、自動車の運転席近傍の天井付近に設置される。なお、ビデオカメラ10を、車両の後方を撮影するように車室内に取り付けて、自動車が後退するときに、自動車の後方画像を撮影するようにしても良い。このビデオカメラ10は、定期的に画像を撮影して、その撮影した画像を画像処理ECU20に出力する。

【0035】

画像処理ECU20は、図示しないCPU、ROM、RAM等からなるマイクロコンピュータの他、ビデオカメラ10から出力された画像をデジタル画像に変換するためのA/D変換器や、変換されたデジタル画像を保存する画像メモリ等を備えている。なお、画像メモリは、複数の画像を保存可能な記憶容量を有している。

【0036】

この画像処理ECU20は、予め記憶されているプログラムに従って、各種の機能を実行する。例えば、ビデオカメラ10から時系列に出力される複数の画像における、同一特徴点の変化から、画像に含まれる各々の特徴点のオプティカルフローを算出し、算出された複数のオプティカルフローに基づいて、FOE位置を算出する。そして、算出されたFOE位置を用いて、各特徴点が移動点であるか静止点であるかを判定する。このようにして、画像処理ECU20は、移動物体の検知を行い、その検知結果を制御装置30に出力する。

【0037】

制御装置30は、画像処理ECU20による移動物体の検知結果に基づいて、例えば、車両の前方に移動物体が存在することを運転者に報知したりするものである。

【0038】

次に、図2のフロー図に基づいて、画像処理ECU20において実行される各種の機能について詳しく説明する。なお、図2では、基本的に、画像処理ECU20において実行される各種機能を機能ブロックとして表している。ただし、画像処理ECU20では、ビデオカメラ20によって画像の出力が開始されたとき、その時系列に出力される画像に応じて、実行する機能が変化する。そのため、図2では、画像処理ECU20において実行される機能ブロックの経時的な変化も併せて示している。具体的には、同一の機能ブロックには同一の参照番号を付与しつつ、その同一の機能ブロックが異なる時間帯に動作する場合には、参照番号に異なるアルファベットを添付している。

【0039】

まず、図2における、各種の機能ブロックについて説明する。画像処理ECU20は、特徴点算出部41を有する。この特徴点算出部41は、コーナー点抽出部42と、近傍点削除部43とから構成される。コーナー点抽出部42は、画像メモリ40に新たなデジタル画像が保存されると、そのデジタル画像を取り込んで、そのデジタル画像における特徴点として、エッジや、物体の角等を抽出する。また、近傍点削除部43は、コーナー点抽出部42が抽出したエッジや物体の角などの特徴点の中で、既に抽出されている特徴点の座標近傍に存在する特徴点を削除する。既に抽出されている特徴点の座標近傍に存在する特徴点は、抽出済みの特徴点が移動したものである可能性が高い。このため、近傍点削除部43によって、そのような特徴点を削除することにより、特徴点算出部41は、新たにデジタル画像に出現した、新規の特徴点のみを算出することになる。そして、特徴点算出部41によって算出された新規の特徴点は、第1オプティカルフロー算出部44に与えられる。

【0040】

本実施形態では、特徴点のオプティカルフローを算出するオプティカルフロー算出部として、第1～第3オプティカルフロー算出部44～46を有している。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

第1オブティカルフロー算出部44は、上述したように、特徴点算出部41によって算出された新規の特徴点に基づき、既に抽出され、静止点候補もしくは移動点候補として判定済みの特徴点以外の、新規な特徴点についてのオブティカルフローを算出する。このため、第1オブティカルフロー算出部44は、異なるタイミングで画像メモリ40に保存された2つのデジタル画像において、特徴点算出部41によって算出された特徴点を対応付けることにより、その特徴点の動きベクトルに相当するオブティカルフローを算出する。

【 0 0 4 2 】

第2のオブティカルフロー算出部45は、静止点候補として判定済みの特徴点のオブティカルフローを算出する。また、第3のオブティカルフロー算出部46は、移動点候補として判定済みの特徴点のオブティカルフローを算出するものである。第2及び第3のオブティカルフロー算出部45、46におけるオブティカルフローの算出手法は、第1のオブティカルフロー算出部と同様である。

10

【 0 0 4 3 】

なお、上述した例では、特徴点算出部41が、エッジや物体の角等の特徴点を算出するものであったが、他の手法によって特徴点を算出することも可能である。例えば、一つのデジタル画像を小領域に分割し、その小領域のうち明るさ分布に特徴があるものを特徴点とすることができる。この場合、もう一つのデジタル画像において、小領域に対応する窓を設定し、その窓をすこしずつずらしながら、小領域の明るさ分布と最も相関の高い位置を探索する。このようにしても、特徴点のオブティカルフローを算出することができる。

20

【 0 0 4 4 】

FOE算出部47は、静止点候補となる特徴点が判定済みであり、第2オブティカルフロー算出部45によって、静止点候補の特徴点のオブティカルフローが算出されている場合には、そのオブティカルフローに基づいてFOE座標を算出する。第2オブティカルフロー算出部45によって静止点候補のオブティカルフローが算出されていない場合には、第1オブティカルフロー算出部44によって算出された、新規な特徴点のオブティカルフローに基づいてFOE座標を算出する。

【 0 0 4 5 】

なお、FOE算出部47は、第1～第3オブティカルフロー算出部44～46によって算出された全てのオブティカルフローに基づいてFOE座標を算出しても良いし、第2オブティカルフロー算出部45によって算出されたオブティカルフローに、第1もしくは第3オブティカルフロー算出部44、46によって算出されたオブティカルフローを組み合わせることでFOE座標を算出しても良い。本実施形態では、後述するように、各特徴点のオブティカルフローの誤差の総和を評価する評価関数を算出して、その誤差の総和が最も小さくなるようにFOE座標を定める。その評価関数の算出に際して、重み係数 W_i を用い、誤差の大きいオブティカルフローに対しては、小さな重み係数 W_i を設定する。このため、FOE座標を求めるためのオブティカルフローに、移動点のオブティカルフローが含まれていたりしても、精度良くFOE座標を求めることができる。

30

【 0 0 4 6 】

ここで、FOE算出部47における、FOE座標Fの算出方法について説明する。本実施形態では、図3に示すように、FOE座標Fから各特徴点 P_i の座標へ向かう線分($P_i - F$)と、当該特徴点 P_i のオブティカルフロー V_i とがなす角度 θ_i を誤差として、各特徴点 P_i の誤差の総和を評価する評価関数Eを以下の数式4のように定める。すると、画像上のFOE座標Fは、評価関数Eで定められる重みつき最小二乗問題の解として求めることができる。

40

【 0 0 4 7 】

【数4】

$$E(F) = \sum_i [W_i |V_i \wedge (P_i - F)|]^2$$

ただし、 W_i は重み係数、 V_i はオプティカルフロー、
 P_i は特徴点の座標、 F はFOE座標である。

【0048】

数式4において、 $|V_i \wedge (P_i - F)|$ は、オプティカルフロー V_i と、FOE座標 F から特徴点の座標 P_i へ向かう線分 $(P_i - F)$ との外積の値を示している。外積の値は、オプティカルフロー V_i とFOE座標 F から特徴点座標 P_i へ向かう線分 $(P_i - F)$ とのなす角度 θ_i が大きくなるほど、大きくなる。

10

【0049】

ここで、特徴点が静止点である場合には、通常、FOE座標 F から特徴点座標 P_i へ向かう線分と特徴点のオプティカルフロー V_i とがなす角度 θ_i は、ゼロもしくはゼロに近い値となる。従って、オプティカルフロー V_i とFOE座標 F から特徴点座標 P_i へ向かう線分 $(P_i - F)$ とのなす角度 θ_i が大きくなるのは、特徴点が移動点である場合や、静止点であっても、算出されたオプティカルフロー V_i の誤差が大きい場合である。(ただし、現実問題として、移動点と静止点とを完全に分離することは困難である。)そして、このような移動点のオプティカルフロー V_i や誤差が大きい静止点のオプティカルフロー V_i の影響を極力排除して、FOE座標 F を求めるようにすれば、FOE位置の精度向上につながる。

20

【0050】

そこで、本実施形態では、移動点のオプティカルフロー V_i や、誤差が大きい静止点のオプティカルフロー V_i に対しては、後述するように、重み係数 W_i が小さくなるように設定する。これにより、評価関数 E を算出する際に、移動点のオプティカルフロー V_i や、誤差が大きい静止点のオプティカルフロー V_i の影響度が低減される。換言すれば、重み係数 W_i を用いつつ評価関数 E を算出することにより、FOE座標 F から特徴点座標 P_i へ向かう線分との角度 θ_i が小さいオプティカルフロー V_i を有する特徴点 P_i の誤差をより重視して、誤差の総和を評価する評価関数 E を算出することができる。

30

【0051】

従って、画像中に移動点のオプティカルフロー V_i が含まれていたり、一部の静止点のオプティカルフロー V_i の誤差が大きく算出されたりしても、それらの影響を実質的に受けることなく、主に、精度良く算出された静止点のオプティカルフロー V_i からFOE座標 F を高精度に求めることができる。

【0052】

重み係数 W_i は、オプティカルフロー V_i とFOE座標 F から特徴点座標 P_i へ向かう線分 $(P_i - F)$ とのなす角度 θ_i が大きいほど、小さい値となるように設定される。具体的には、下記の数式5のように設定することができる。

【0053】

【数5】

$$W_i = [1 + (R_i / R_o)^2]^{1/2}$$

$$R_i = |V_i \wedge (P_i - F_{prev})|$$

ただし、 F_{prev} は前回(過去)算出されたFOE座標である。

【0054】

今回のFOE座標 F の位置は、過去(前回)に算出したFOE座標 F_{prev} の近傍に存在すると仮定することができる。そこで、重み係数 W_i の初期値を、オプティカルフロ

40

50

- V_i と、過去に算出された F O E 座標 F_{prev} から特徴点 P_i へ向かう線分 ($P_i - F_{prev}$) との外積値 R_i を利用して定める。

【 0 0 5 5 】

具体的には、外積値 R_i を、予め実験等により定めた定数 R_0 により除算した値の二乗値に 1 を加え、その平方根の逆数を重み係数 W_i とする。図 4 は、 R_i / R_0 を横軸にとり、 R_i / R_0 の変化に対する重み係数 W_i の変化を示したグラフである。 R_0 は定数であるため、重み係数 W_i は、外積値 R_i の増加に対して、単調減少する単調減少関数となっている。

【 0 0 5 6 】

そして、 $R_i \gg R_0$ となる特徴点 P_i のデータは、近似的に R_i / R_0 の逆数となる相対的に小さな重みがかかることになり、評価関数 E における最小二乗法の解に与える影響を小さく抑えることができる。一方、 $R_i \ll R_0$ となる特徴点 P_i のデータに対しては、重みが $1 - 0.5(R_i / R_0)^2$ で漸近近似され、 R_i / R_0 がゼロに近づくほど 1 を上限として大きな重みがかかることになる。このように、誤差の極めて小さい特徴点 P_i のデータは、通常为重みのない最小二乗法の解法と (近似的に) 同等の扱われ方をされる。

【 0 0 5 7 】

なお、定数 R_0 があまりに小さければ解が統計的に安定でなくなり、あまりに大きければ解がノイズの影響を受けやすくなる。よって、定数 R_0 はあらかじめ、使用環境に近い環境で実験をして適切な値に定められる。

【 0 0 5 8 】

このように、数式 5 に従って重み係数 W_i を算出することにより、誤差の大きい特徴点 P_i のデータほど重みが小さくなり、逆に、誤差が小さい特徴点 P_i のデータほど、1 を上限として重みが大きくなるように、重み係数 W_i を定めることができる。従って、各特徴点 P_i の誤差の大きさに適切に対応した重み係数 W_i を算出することができる。

【 0 0 5 9 】

さらに、上述した重み係数 W_i を用いることにより、F O E 座標 F から各特徴点 P_i までの距離差の影響が、評価関数 E に反映されることを抑制することができる。つまり、評価関数 E を算出する際の、オプティカルフロー $-V_i$ と、F O E 座標 F から特徴点 P_i へ向かう線分 ($P_i - F$) との外積値は、それらがなす角度 i のみならず、オプティカルフロー $-V_i$ の長さや、F O E 座標 F から特徴点 P_i へ向かう線分 ($P_i - F$) の長さの影響を受ける。オプティカルフロー $-V_i$ の長さや、F O E 座標 F から特徴点 P_i へ向かう線分 ($P_i - F$) の長さは、各特徴点と F O E 座標 F との距離などによって相違する。

【 0 0 6 0 】

本実施形態では、重み係数 W_i の初期値を、オプティカルフロー $-V_i$ と、過去に算出された F O E 座標 F_{prev} から特徴点 P_i へ向かう線分 ($P_i - F$) との外積値 R_i を含む項の逆数としている。このため、重み係数 W_i の初期値は、オプティカルフロー $-V_i$ や線分 ($P_i - F$) の変化に応じて、その変化を相殺するように変化する。これにより、誤差の総和を評価する評価関数 E を算出する際に、各特徴点 P_i と F O E 座標 F との距離差の影響を低減することができる。

【 0 0 6 1 】

そして、下記の数式 6 に示すように、F O E 座標 F の算出と、重み係数 W_i の更新を繰り返し実行する。

【 0 0 6 2 】

10

20

30

40

【数 6】

For $t = 1 : N$

$$\arg \min_{F^{(t)}} \sum_i \left[W_i^{(t)} \left| V_i \wedge (P_i - F^{(t)}) \right| \right]^2$$

$$W_i^{(t+1)} = \left[1 + (R_i^{(t+1)} / R_o)^2 \right]^{-1/2}$$

$$R_i^{(t+1)} = \left| V_i \wedge (P_i - F^{(t)}) \right|$$

10

【 0 0 6 3 】

つまり、重み係数 W_i の初期値を用いて評価関数 E が最小となる F O E 座標 $F^{(t)}$ が求められたら、外積値 R_i における過去に算出された F O E 座標 F_{prev} を、求めた F O E 座標 $F^{(t)}$ で置換することにより、各特徴点 P_i に関する外積値 R_i を更新する ($R_i^{(t)} \rightarrow R_i^{(t+1)}$)。そして、更新した外積値 $R_i^{(t+1)}$ を用いて、重み係数 W_i を更新する ($W_i^{(t)} \rightarrow W_i^{(t+1)}$)。さらに、更新した重み係数 $W_i^{(t+1)}$ を用いて評価関数 E が最小となる F O E 座標 $F^{(t+1)}$ を求める。このような手順を、F O E 座標 F の変動が所定範囲に収まるようになるまで繰り返す。これにより、F O E 座標 F の位置をより高い精度で求めることができる。

【 0 0 6 4 】

20

図 5 に、上述した手法により求めた F O E 座標 F の精度を、全く重みを用いないで F O E 座標を求めた場合と対比して示す。なお、図 5 に示すグラフでは、重みのみ変更しただけで、F O E 座標を求める手法は本実施形態の手法と同じにしている。すなわち、図 5 は、重みありの場合となしの場合とでそれぞれ F O E 座標を求めたシミュレーション結果であり、F O E 座標 F の真値は分かっている。シミュレーションにおいては、特徴点 P_i のオプティカルフローに、ランダムに生成された誤差を付加したシミュレーションデータを用意し、それぞれ、最小二乗法により F O E 座標 F の位置を求めた。このシミュレーションによる試行は 20 回繰り返し、重みありの場合となしの場合における、F O E の計算値と真値とのずれの平均も算出した。なお、重み係数 W_i を用いた計算では、重み係数 W_i の更新は 5 回行った。

30

【 0 0 6 5 】

図 5 に示すように、本実施形態による手法で求めた F O E 座標と真値とのずれの平均は、重み係数 W_i を用いない場合よりも小さくなっており、本実施形態により、真値に近い F O E 座標を求めることができることが分かる。

【 0 0 6 6 】

以上のようにして、F O E 算出部 47 によって F O E 座標 F が算出されると、その F O E 座標 F が、図 2 に示す判定部 48 に与えられる。判定部 48 は、算出部 49、判定部 50、静止点候補判定部 51、及び移動点候補判定部 52 と、を有する。

【 0 0 6 7 】

算出部 49 は、第 1 ~ 第 3 オプティカルフロー算出部 44 ~ 46 によってそれぞれ算出されオプティカルフロー V_i と、F O E 算出部 47 によって算出された F O E 座標 F から各特徴点 P_i を結んだ線分とのなす角度 θ_i を、次の数式 7 に従って、各特徴点ごとに算出する。

40

【 0 0 6 8 】

【数 7】

$$\theta_i = \left| \arcsin \left(\frac{V_i \wedge (P_i - F)}{|V_i| |P_i - F|} \right) \right|$$

【0069】

判定部 50 は、算出部 49 によって各特徴点ごとに算出された角度 θ_i を、所定の基準角度 θ_h と比較する。そして、角度 θ_i が所定の基準角度 θ_h 以下である場合には、その特徴点のデータを静止点候補判定部 51 に与える。一方、角度 θ_i が所定の基準角度 θ_h より大きい場合には、その特徴点のデータを移動点候補判定部 52 に与える。なお、

判定部 50 は、静止点候補の判定と移動点候補の判定とに用いる基準角度を異ならせても良い。この場合、静止点候補判定基準角度は、移動点候補判定基準角度よりも小さく設定される。そして、静止点候補判定基準角度と移動点候補判定基準角度との間の角度を有する特徴点については、いずれかの基準角度を越えるまで、静止点か移動点かの判断が保留される。この判断が保留された特徴点のオプティカルフローは、別途設ける第 4 のオプティカルフロー算出部において算出される。

【0070】

このように本実施形態では、図 3 に示すように、FOE 座標 F から特徴点 P_i の座標へ向かう線分と、当該特徴点 P_i のオプティカルフロー V_i とがなす角度 θ_i が所定の基準角度 θ_h よりも大きいか否かによって、特徴点が移動点であるか静止点であるかを判定することができる。これは、本実施形態により、高精度な FOE 座標 F を求めることができるためである。

【0071】

なお、従来、移動点と静止点とを分離するために、RANSAC 法や、クラスタリング法などの処理手法を用いることが知られているが、それらの手法は、通常、演算量が膨大となる。それに対して、本実施形態では、最小二乗法を数回程度繰り返すことで、高精度な FOE 座標 F を求めることができ、そのような高精度な FOE 座標 F を利用することで、移動点と静止点との分離は、単なる角度の判定処理のみで足りる。従って、従来の手法に比較して少ない演算量で、ノイズに対して頑健な FOE 座標 F の算出と、移動点、静止点の分離が可能となる。

【0072】

静止点候補判定部 51 は、判定部 50 から与えられた特徴点を静止点候補として判定し、移動点候補判定部 52 は、判定部 50 から与えられた特徴点を移動点候補として判定する。そして、静止点候補判定部 51 は、静止点候補として判定した特徴点のデータを座標更新部 53 に与え、移動点候補判定部 52 は、移動点候補として判定した特徴点のデータを座標更新部 54 に与える。

【0073】

座標更新部 53、54 は、与えられた特徴点のデータに含まれる各々のオプティカルフロー V_i を用いて、静止点候補及び移動点候補の座標を更新する。そして、更新した座標を近傍点削除部 43 に与える。これにより、近傍点削除部 43 は、上述したように、コーナー点抽出部 42 が抽出したエッジや物体の角などの特徴点の中で、既に抽出されている特徴点の座標近傍に存在する特徴点を削除することができる。

【0074】

さらに、座標更新部 53 は、座標を更新した静止点候補となる特徴点のデータを、次フレームの画像が画像メモリ 40 に保存されたときに、静止点候補の特徴点のオプティカルフロー V_i を算出する第 2 オプティカルフロー算出部 45 に与える。また、座標更新部 54 は、座標を更新した移動点候補となる特徴点のデータを、第 3 オプティカルフロー算出部 46 に与える。

【 0 0 7 5 】

次に、図 2 に基づき、画像処理 ECU 20 において実行される機能ブロックの経時的な変化に関して説明する。

【 0 0 7 6 】

図 2 では、時刻 T 1 のタイミングで画像メモリ 40 a に最初の第 1 フレームの画像が保存されたことを前提としている。この時点では、画像処理 ECU 20 では、一枚分の画像データしか得ていない。このため、特徴点算出部 41 a 以外の機能を実行することができない。特徴点算出部 41 a は、画像の特徴点を算出するものであるため、画像が画像メモリ 40 a に保存された時点で実行される。従って、画像処理 ECU 20 は、次フレームの画像が画像メモリ 40 b に保存されるまで、特徴点算出部 41 a 以外の機能を実行することなく待機する。

10

【 0 0 7 7 】

時刻 T 2 のタイミングで、第 2 フレームの画像が画像メモリ 40 b に保存されると、その画像が第 1 オプティカルフロー算出部 44 b に与えられる。これにより、第 1 オプティカルフロー算出部 44 は、2 枚分の画像を得て、特徴点の動きベクトルであるオプティカルフロー V_i を算出可能となる。ただし、この時点においても、特徴点に関して静止点判定及び移動点判定は行なわれていないので、第 2 及び第 3 オプティカルフロー算出部 45 b、46 b にてオプティカルフロー V_i の算出は行なわれない。

【 0 0 7 8 】

また、第 2 オプティカルフロー算出部 45 b にて静止点のオプティカルフローが算出されていないので、FOE 算出部 47 b は、第 1 オプティカル算出部 44 b が算出したオプティカルフローに基づいて、FOE 座標 F を算出する。

20

【 0 0 7 9 】

時刻 T 3 のタイミングで、さらに第 3 フレームの画像が画像メモリ 40 c に保存されると、その画像が、第 1 ~ 第 3 オプティカルフロー算出部 44 c ~ 46 c に与えられる。この時点では、時刻 T 1 と時刻 T 2 とで取得された 2 枚分の画像から抽出された特徴点について、静止点判定、あるいは移動点判定がなされているためである。そして、これ以後は、新たな画像が画像メモリ 40 に保存されるごとに、時刻 T 3 のケースと同様に、第 1 ~ 第 3 オプティカルフロー算出部 44 ~ 46 にて、それぞれ新規の特徴点、静止点候補、及び移動点候補のオプティカルフローが算出される。

30

【 0 0 8 0 】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は、上述した実施形態になんら制限されることなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々の変形が可能である。

【 0 0 8 1 】

例えば、上述した実施形態では、FOE 座標 F から特徴点 P_i の座標へ向かう線分 ($P_i - F$) と、当該特徴点のオプティカルフロー V_i とがなす角度 θ_i と所定の基準角度 θ_h との 1 回の比較結果に応じて、特徴点 P_i が静止点候補、あるいは移動点候補であるかを判定した。

【 0 0 8 2 】

しかしながら、FOE 算出部 47 によって FOE 座標 F が算出されるごとに、FOE 座標 F から特徴点 P_i へ向かう線分 ($P_i - F$) と、当該特徴点のオプティカルフロー V_i とがなす角度 θ_i と基準角度 θ_h との比較を行い、その角度 θ_i が基準角度 θ_h 以下との判定が複数回連続して成立した場合に、その特徴点 P_i を静止点と判定したり、その角度 θ_i が基準角度 θ_h より大きいとの判定が複数回連続して成立した場合に、その特徴点 P_i を移動点と判定したりしても良い。これにより、静止点及び移動点に関する判定精度を高めることができる。

40

【 0 0 8 3 】

また、FOE 算出部 47 は、新たなフレームの画像が画像メモリ 40 に保存されるごとに、FOE 座標 F を算出するが、今回算出された FOE 座標 F と過去に算出された 1 つ以

50

上の F O E 座標 F とを所定の重みづけで平均処理して、最終的な F O E 座標を求めても良い。これにより、F O E 座標の位置の変動を抑えて、安定化された F O E 座標位置を求めることができる。

【 0 0 8 4 】

また、上述した実施形態では、オブティカルフロー V_i と、F O E 座標 F から特徴点座標 P_i へ向かう線分 ($P_i - F$) との外積を用いて、評価関数 E を定義した。しかしながら、オブティカルフロー V_i と F O E 座標 F から特徴点座標 P_i へ向かう線分 ($P_i - F$) とのなす角度 θ_i を誤差として、その誤差を評価できるものであれば、評価関数として採用することができる。

【 0 0 8 5 】

さらに、上述した実施形態では、数式 5 に従って重み係数 W_i を算出したが、重み係数 W_i の算出式は、これに限られない。例えば、重み係数 W_i の算出式を、下記の数式 8 に示すように、より簡略化しても良い。

【 0 0 8 6 】

【 数 8 】

$$W_i = |V_i \wedge (P_i - F_{prev})|^{-1}$$

【 0 0 8 7 】

数式 8 によれば、重み係数 W_i の初期値が、オブティカルフロー V_i と、過去に算出された拡張焦点 F_{prev} から特徴点 P_i へ向かう線分 ($P_i - F_{prev}$) との外積の逆数として定められる。そして、数式 5 の場合と同様に、重み係数 W_i の初期値を用いて評価関数 E が最小となる拡張焦点 F が求められたら、数式 8 の重み係数 W_i における過去に算出された拡張焦点 F_{prev} を、求めた拡張焦点 F で置換することにより、各特徴点 P_i の重み係数 W_i を更新する。さらに、更新した重み係数 W_i を用いて評価関数 E が最小となる F O E 座標 F を求めるとの手順を、F O E 座標 F の変動が所定範囲に収まるようになるまで繰り返す。

【 0 0 8 8 】

上記の数式 3 に従って重み係数 W_i を算出した場合も、オブティカルフロー V_i と、F O E 座標 F から特徴点座標 P_i へ向かう線分 ($P_i - F$) との角度が大きく、従って誤差が大きい特徴点のデータほど、重みが小さくなるように、重み係数 W_i を定めることができる。さらに、数式 8 に従って算出される重み係数 W_i を用いた場合も、F O E 座標 F から各特徴点 P_i までの距離差の影響が、評価関数 E に反映されることを抑制することができる。

【 0 0 8 9 】

ただし、オブティカルフロー V_i と、F O E 座標 F から特徴点座標 P_i へ向かう線分 ($P_i - F$) との角度 (誤差) が極めて小さくなったとき、数式 8 によって算出される重み係数 W_i は極大化することになる。重み係数 W_i が極大化すると、求めるべき F O E 座標が不安定化しやすいとのデメリットが生じる。

【 0 0 9 0 】

このため、数式 8 に従って重み係数 W_i を算出する場合、重み係数 W_i が、所定の上限値以上の大きさとなったとき、その上限値を重み係数 W_i として用いることが好ましい。これにより、誤差が極めて小さくなったとき、重み係数 W_i が過剰に大きくなることを防止することができる。ただし、この場合、上限値に対応する誤差よりも小さい誤差を持つ特徴点の重み係数 W_i は、すべて上限値に統一されてしまうので、数式 5 に従って重み係数 W_i を算出した場合に比較して、F O E 座標 F の精度が若干低下する。

【 0 0 9 1 】

さらに、重み係数 W_i の算出式として、数式 5 や数式 8 に示すような外積を用いず、さらに簡略化することもできる。例えば、下記の数式 9 に従って、重み係数 W_i を算出するようにしても良い。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 2 】

【 数 9 】

$$W_i = \min(\epsilon, |\sin \theta_i|^{-1})$$

ϵ は、重み係数 W_i が無限大になることを防止するための正の定数

【 0 0 9 3 】

この場合にも、誤差としての、オプティカルフロー V_i と、FOE座標 F から特徴点座標 P_i へ向かう線分($P_i - F$)との角度 θ_i が大きくなるほど、小さくなるように重み係数 W_i を算出することができる。

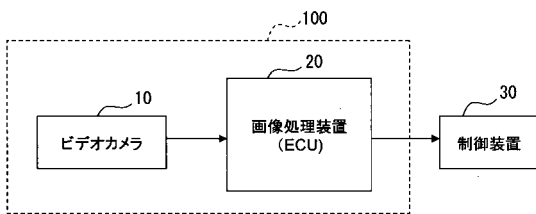
10

【 符号の説明 】

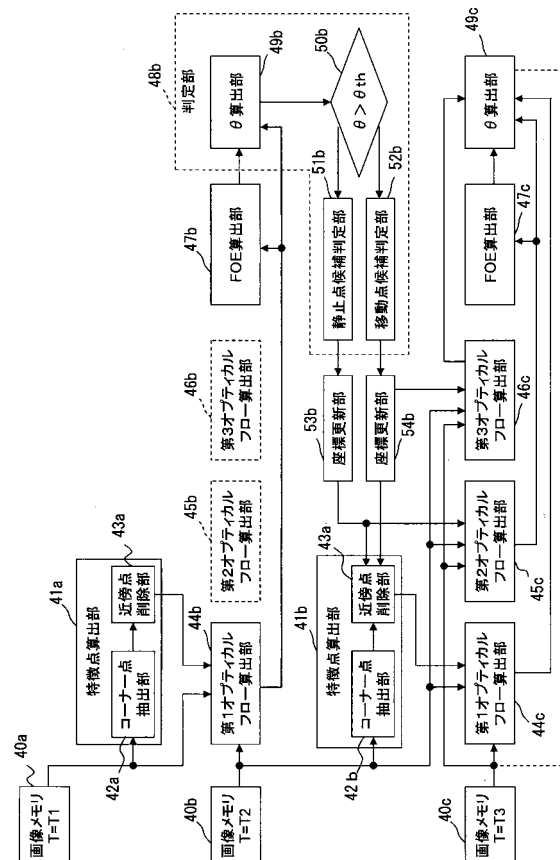
【 0 0 9 4 】

10 ビデオカメラ、20 画像処理ECU、40 画像メモリ、41 特徴点算出部、44 第1オプティカルフロー算出部、45 第2オプティカルフロー算出部、46 第3オプティカルフロー算出部、47 FOE算出部、48 判定部、53, 54 座標更新部、100 画像処理装置

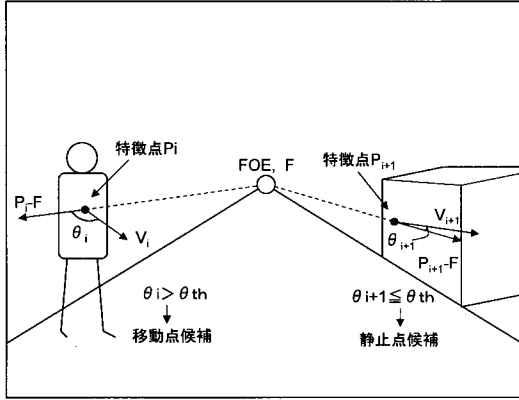
【 図 1 】



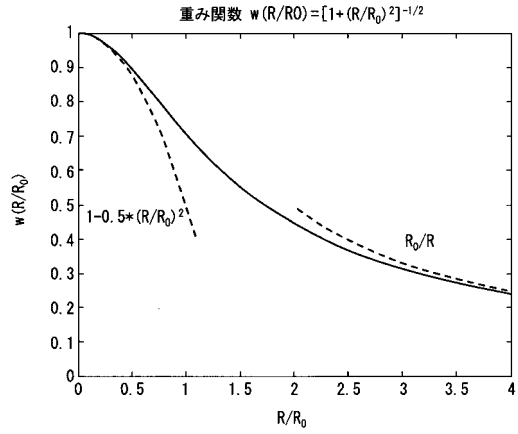
【 図 2 】



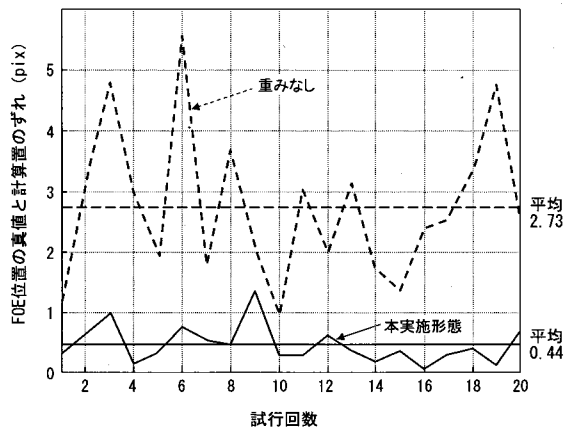
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 育郎
東京都渋谷区渋谷二丁目15番1号 渋谷クロスタワー28F 株式会社デンソーアイティ-ラボ
ラトリ内

(72)発明者 柳川 博彦
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 佐藤 実

(56)参考文献 特開2006-47091(JP,A)
特開平08-194822(JP,A)
特開2008-097126(JP,A)
特開2006-053823(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06T 7/00~7/60