

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3678386号
(P3678386)

(45) 発行日 平成17年8月3日(2005.8.3)

(24) 登録日 平成17年5月20日(2005.5.20)

(51) Int. Cl.⁷

G06F 3/033

F I

G06F 3/033 320

請求項の数 4 (全 27 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------|-----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願平9-92906 | (73) 特許権者 | 000006747 株式会社リコー 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 |
| (22) 出願日 | 平成9年3月28日(1997.3.28) | (74) 代理人 | 100093920 弁理士 小島 俊郎 |
| (65) 公開番号 | 特開平10-275048 | (72) 発明者 | 新行内 充 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式 会社リコー内 |
| (43) 公開日 | 平成10年10月13日(1998.10.13) | (72) 発明者 | 井上 隆夫 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式 会社リコー内 |
| 審査請求日 | 平成14年3月14日(2002.3.14) | (72) 発明者 | 佐藤 康弘 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式 会社リコー内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ペン型入力装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

3個の加速度センサと3個のジャイロと演算部を有し、

3個の加速度センサはそれぞれペン軸をZs軸としたペン軸座標系のXs軸方向、Ys軸方向及びZs軸方向の加速度を示す信号を出力し、

3個のジャイロはそれぞれXs軸周り、Ys軸周り及びZs軸周りの回転角速度を示す信号を出力し、

演算部は初期傾斜角演算部と傾斜角変化演算部と筆記中傾斜角演算部と角加速度演算部と加速度補正部と座標変換演算部と移動量演算部を備え、

初期傾斜角演算部は無筆記状態で3個の加速度センサを用いて検出したペン軸座標系 (X s , Y s , Z s) の加速度 (A x s o , A y s o , A z s o) を基に重力加速度方向に伸びる軸を Z g 軸にした重力座標系 (X g , Y g , Z g) におけるペン軸の傾斜角の初期値を演算し、

傾斜角変化演算部は筆記状態で3個のジャイロを用いて検出した回転角速度 (x s , y s , z s) を基にペン軸の重力座標系 (X g , Y g , Z g) における傾斜角の変化を演算し、

筆記中傾斜角演算部は初期傾斜角演算部が演算した傾斜角の初期値と傾斜角変化演算部が演算した傾斜角の変化を基に筆記中のペン軸の重力座標系 (X g , Y g , Z g) における傾斜角を算出し、

角加速度演算部は3個のジャイロを用いて検出した回転角速度から回転角加速度を求め、

10

加速度補正部は3個のジャイロを用いて検出した回転角速度、角加速度演算部が算出した回転角加速度及び各加速度センサの取付位置 ((X_{as}, Y_{as}, Z_{as}) , (X_{bs}, Y_{bs}, Z_{bs}) , (X_{cs}, Y_{cs}, Z_{cs})) を基に3個の加速度センサを用いて検出した加速度のペン先部を中心とした傾斜運動による加速度成分を算出し、算出した傾斜運動による加速度成分を基に加速度センサの取付位置におけるペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) の加速度 (A_{xs}, A_{ys}, A_{zs}) を補正してペン先部におけるペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) の加速度 ($A_{xog}, A_{yog}, A_{zog}$) を下記の式により求め、

【数1】

$$\begin{pmatrix} \ddot{X}_{og} \\ \ddot{Y}_{og} \\ \ddot{Z}_{og} \end{pmatrix} = E^{-1} \left(\begin{pmatrix} \ddot{X}_s \\ \ddot{Y}_s \\ \ddot{Z}_s \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \dot{\omega}_{ys} \cdot Z_{as} - \dot{\omega}_{zs} \cdot Y_{as} \\ \dot{\omega}_{zs} \cdot Z_{bs} - \dot{\omega}_{xs} \cdot Z_{as} \\ \dot{\omega}_{xs} \cdot Z_{cs} - \dot{\omega}_{ys} \cdot Y_{cs} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} \right) + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{pmatrix} \quad 10$$

但し、

$$E^{-1} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} \\ a_{12} & a_{22} & a_{32} \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} \end{pmatrix}$$

$$a_{11} = \cos \theta \cos \psi$$

$$a_{21} = \sin \phi \sin \theta \cos \psi - \cos \phi \sin \psi$$

$$a_{31} = \cos \phi \sin \theta \cos \psi + \sin \phi \sin \psi$$

$$a_{12} = \cos \theta \cos \psi$$

$$a_{22} = \sin \phi \sin \theta \sin \psi + \cos \phi \cos \psi$$

$$a_{32} = \cos \phi \sin \theta \sin \psi - \sin \phi \cos \psi$$

$$a_{13} = -\sin \theta$$

$$a_{23} = \sin \phi \cos \theta$$

$$a_{33} = \cos \phi \cos \theta$$

$$g = 9.80665 (\text{m/sec}^2)$$

ϕ, θ, ψ はそれぞれ X_s 軸, Y_s 軸, Z_s 軸の各軸回りの回転角度である。

$$b_1 = -(\omega_{ys}^2 + \omega_{zs}^2) X_{as} + \omega_{xs} \cdot \omega_{ys} \cdot Y_{as} + \omega_{zs} \cdot \omega_{xs} \cdot Z_{as}$$

$$b_2 = \omega_{xs} \cdot \omega_{ys} \cdot X_{bs} - (\omega_{zs}^2 + \omega_{xs}^2) Y_{bs} + \omega_{ys} \cdot \omega_{zs} \cdot Z_{bs}$$

$$b_3 = \omega_{zs} \cdot \omega_{xs} \cdot X_{cs} + \omega_{ys} \cdot \omega_{zs} \cdot Y_{cs} - (\omega_{xs}^2 + \omega_{ys}^2) Z_{cs}$$

$$\ddot{X}_{og} = A_{xog} = \frac{d^2}{dt^2} X_{og}, \quad \ddot{X}_s = A_{xs}$$

$$\ddot{Y}_{og} = A_{yog} = \frac{d^2}{dt^2} Y_{og}, \quad \ddot{Y}_s = A_{ys}$$

$$\ddot{Z}_{og} = A_{zog} = \frac{d^2}{dt^2} Z_{og}, \quad \ddot{Z}_s = A_{zs}$$

$$\dot{\omega}_{xs} = \frac{d\omega_{xs}}{dt}, \quad \dot{\omega}_{ys} = \frac{d\omega_{ys}}{dt}, \quad \dot{\omega}_{zs} = \frac{d\omega_{zs}}{dt}$$

座標変換演算部は筆記中傾斜角演算部が算出した筆記中のペン軸の重力座標系における傾斜角を基に加速度補正部が補正して求めたペン先部のペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) による加速度を重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) による加速度 (A_{xg}, A_{yg}, A_{zg}) に変換し、

移動量演算部は座標変換演算部が変換した加速度を基にペン先部の移動方向及び移動距離を算出することを特徴とするペン型入力装置。

10

20

30

40

50

【請求項2】

3個の加速度センサと3個のジャイロと演算部を有し、

3個の加速度センサはそれぞれペン軸をZs軸としたペン軸座標系のXs軸方向、Ys軸方向及びZs軸方向の加速度を示す信号を出力し、

3個のジャイロはそれぞれXs軸周り、Ys軸周り及びZs軸周りの回転角速度を示す信号を出力し、

演算部は初期回転角ベクトル演算部と筆記中回転角ベクトル演算部と角加速度演算部と加速度補正部と座標変換演算部と移動量演算部を備え、

初期回転角ベクトル演算部は筆記開始の際に3個の加速度センサを用いて検出したペン軸座標系(X_s, Y_s, Z_s)の加速度($A_{xso}, A_{yso}, A_{zso}$)を基に回転角ベクトルの初期値を演算し、

筆記中回転角ベクトル演算部は初期回転角ベクトル演算部が演算した回転角ベクトルの初期値又は前回サンプリングした際に筆記中回転角ベクトル演算部が演算した回転角ベクトルと3個のジャイロを用いて検出した回転角速度(x_s, y_s, z_s)を基に今回サンプリングの際の回転角ベクトルを演算し、

角加速度演算部は3個のジャイロを用いて検出した回転角速度から回転角加速度を求め

、
 加速度補正部は3個のジャイロを用いて検出した回転角速度、角加速度演算部が算出した回転角加速度及び各加速度センサの取付位置($(X_{as}, Y_{as}, Z_{as}), (X_{bs}, Y_{bs}, Z_{bs}), (X_{cs}, Y_{cs}, Z_{cs})$)を基に3個の加速度センサを用いて検出した加速度のペン先部を中心とした傾斜運動による加速度成分を算出し、算出した傾斜運動による加速度成分を基に加速度センサの取付け位置におけるペン軸座標系(X_s, Y_s, Z_s)の加速度(A_{xs}, A_{ys}, A_{zs})を補正してペン先部におけるペン軸座標系(X_s, Y_s, Z_s)の加速度($A_{xog}, A_{yog}, A_{zog}$)を下記の式により求め、

【数 2】

$$\begin{pmatrix} X_{og} \\ Y_{og} \\ Z_{og} \end{pmatrix} = C_g^s \left(\begin{pmatrix} \dot{X}_s \\ \dot{Y}_s \\ \dot{Z}_s \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \dot{\omega}_{ys} \cdot Z_{as} - \dot{\omega}_{zs} \cdot Y_{as} \\ \dot{\omega}_{zs} \cdot Z_{bs} - \dot{\omega}_{xs} \cdot Z_{as} \\ \dot{\omega}_{xs} \cdot Z_{cs} - \dot{\omega}_{ys} \cdot Y_{cs} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} \right) + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{pmatrix}$$

但し、

$$C_g^s = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} b_{11} &= \chi^2 + \rho x^2 - \rho y^2 - \rho z^2 & b_{12} &= 2(\rho x \cdot \rho y - \chi \cdot \rho z) \\ b_{21} &= 2(\rho x \cdot \rho y + \chi \cdot \rho z) & b_{22} &= \chi^2 - \rho x^2 + \rho y^2 - \rho z^2 \\ b_{31} &= 2(\rho x \cdot \rho z - \chi \cdot \rho y) & b_{32} &= 2(\rho y \cdot \rho z + \chi \cdot \rho x) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{13} &= 2(\rho x \cdot \rho z + \chi \cdot \rho y) \\ b_{23} &= 2(\rho y \cdot \rho z - \chi \cdot \rho x) \\ b_{33} &= \chi^2 - \rho x^2 - \rho y^2 + \rho z^2 \end{aligned}$$

$$\chi = \cos \frac{\phi}{2}$$

$$\rho x = \frac{\phi x}{\phi} \cdot \left(\sin \frac{\phi}{2} \right), \quad \rho y = \frac{\phi y}{\phi} \cdot \left(\sin \frac{\phi}{2} \right),$$

$$\rho z = \frac{\phi z}{\phi} \cdot \left(\sin \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} b_1 &= -(\omega_{ys}^2 + \omega_{zs}^2) X_{as} + \omega_{xs} \cdot \omega_{ys} \cdot Y_{as} + \omega_{zs} \cdot \omega_{xs} \cdot Z_{as} \\ b_2 &= \omega_{xs} \cdot \omega_{ys} \cdot X_{bs} - (\omega_{zs}^2 + \omega_{xs}^2) Y_{bs} + \omega_{ys} \cdot \omega_{zs} \cdot Z_{bs} \\ b_3 &= \omega_{zs} \cdot \omega_{xs} \cdot X_{cs} + \omega_{ys} \cdot \omega_{zs} \cdot Y_{cs} - (\omega_{xs}^2 + \omega_{ys}^2) Z_{cs} \end{aligned}$$

$$\ddot{X}_{og} = A_{xog} = \frac{d^2}{dt^2} X_{og}, \quad \dot{X}_s = A_{xs}$$

$$\ddot{Y}_{og} = A_{yog} = \frac{d^2}{dt^2} Y_{og}, \quad \dot{Y}_s = A_{ys}$$

$$\ddot{Z}_{og} = A_{zog} = \frac{d^2}{dt^2} Z_{og}, \quad \dot{Z}_s = A_{zs}$$

$$\dot{\omega}_{xs} = \frac{d\omega_{xs}}{dt}, \quad \dot{\omega}_{ys} = \frac{d\omega_{ys}}{dt}, \quad \dot{\omega}_{zs} = \frac{d\omega_{zs}}{dt}$$

$$g = 9.80665 (\text{m/sec}^2)$$

C_g^s : 座標変換行列

座標変換演算部は筆記中回転角ベクトル演算部が演算した回転角ベクトルを基に加速度補正部が補正して求めたペン先部のペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) による加速度を重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) による加速度 (A_{xg}, A_{yg}, A_{zg}) に変換し、

移動量演算部は座標変換演算部が変換した加速度を基にペン先部の移動方向及び移動距離を算出することを特徴とするペン型入力装置。

【請求項 3】

X_s 軸方向の加速度センサを $Y_s = 0$ となる位置、 Y_s 方向の加速度センサを $X_s = 0$ となる位置、 Z_s 方向の加速度センサを Z_s 軸上に設けたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のペン型入力装置。

【請求項 4】

Z_s 軸からの距離が加速度センサの分解能 (m/s^2) を $2.5 (\text{/s}^2)$ で割った長さの範囲

10

20

30

40

50

内である位置に各加速度センサを設けた請求項 1、2 又は 3 記載のペン型入力装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は図形及び文字を入力するペン型入力装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

コンピュータ装置等の入力装置としてはキーボード、マウス、デジタイザ、ライトペン及びタブレット等が用いられている。コンピュータ装置の小型化に伴い、携帯端末装置のニーズが高まり利用者も年々増加している。そこで、小型の入力装置が求められるようになった。

10

【0003】

キーボードの小型化にはヒューマンインターフェイスの点で限界があり、携帯端末装置の入力装置としては実用性が低い。また、マウスはポインティングデバイスとしては小型化が可能であるが、図形及び文字等の入力には適さない。

【0004】

このため、携帯端末装置の入力装置としてはタブレットとペンを用いたペン型の入力装置が多く採用されている。このタブレットを用いたペン型の入力装置をさらに小型化しようとした場合にはタブレットの大きさが問題となる。そこで、例えば特開平 6 -67799号公報に掲載されたペン型のコンピュータ入力装置、特開平 7 -84716号公報に掲載されたデータ入力装置、特開平 7 -200127号公報に掲載された手書き入力装置のようなタブレットレスの入力装置が開発された。

20

【0005】

特開平 6 -67799号公報に掲載されたペン型のコンピュータ入力装置は加速度センサで移動方向と移動量を調べ、圧電振動ジャイロで加速度センサが検出した移動方向及び移動量のペン型のコンピュータ入力装置のローテーションによる影響を補正している。さらに、特開平 7 -84716号公報に掲載されたデータ入力装置は互いに直角に配置された振動ジャイロからの極性及び振幅を示す信号を基に装置の移動方向及び移動量を検出している。さらに、特開平 7 -200127号公報に掲載された手書き入力装置は 2 個の加速度センサからの信号を基に装置の移動方向及び移動距離を求めている。

30

【0006】

また、ペン軸と直交する平面上で直交する 2 方向の加速度を検出する加速度センサを 2 組備えた装置として、例えば特開平 6 -230886号公報に掲載されたペンシル型入力装置では、2 組の加速度センサの出力を積分した後、加速度センサの取付け位置の影響を補正し、ペン先部の移動方向及び移動量を検出している。

【0007】

また、ペン型入力装置に関するものでなく、例えばゲーム機に利用され、人体頭部の移動速度、位置、姿勢等を検出するものであるが、特開平 7 -294240号公報に掲載された位置センサは、X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸方向の加速度を検出する加速度センサと X 軸周り、Y 軸周り及び Z 軸周りの角速度を検出するジャイロを備え、これらが検出した加速度及び角速度基にストラップダウン方式の演算を行って、頭部の移動速度、位置、姿勢及び向きを検出している。

40

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特開平 6 -67799号公報に掲載されたペン型のコンピュータ入力装置では、装置のローテーションによる影響を補正するもので、装置がダイナミックな傾斜を伴う場合には補正することができない。通常の筆記動作では装置のダイナミックな傾斜を伴うので、検出結果が不正確になる場合がある。

【0009】

さらに、特開平 7 -84716号公報に掲載されたデータ入力装置は手首の回転動作を検出し

50

て移動方向及び移動距離を入力するものなので、図形等の入力には適さない。

【0010】

さらに、特開平7-200127号公報に掲載された手書き入力装置では、装置の傾斜に対する補正手段がないため、検出結果が不正確になる場合がある。

【0011】

また、特開平6-230886号公報に掲載されたペンシル型入力装置では、加速度の積分を行なった後に補正をしているが、補正前の加速度を積分することにより、誤差に検出が困難になり、正確な補正ができない。また、ペン先部における加速度の検出成分がペン軸の傾斜により変化することを考慮していない。

【0012】

また、特開平7-294240号公報に掲載された位置センサは、頭部の移動速度、位置、姿勢及び向きを空間的に検出するものなので、複雑な演算処理を採用しているが、ペン型入力装置では装置の小型化が要求されているため、簡単な演算処理で正確に筆記面上の移動方向及び移動距離を検出しなければならない。

【0013】

この発明はかかる短所を解消するためになされたものであり、筆記入力を簡単な構成で正確に検出する小型なペン型入力装置を得ることを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】

この発明に係るペン型入力装置は、3個の加速度センサと3個のジャイロと演算部を有し、3個の加速度センサはそれぞれペン軸をZs軸としたペン軸座標系のXs軸方向、Ys軸方向及びZs軸方向の加速度を示す信号を出力し、3個のジャイロはそれぞれXs軸周り、Ys軸周り及びZs軸周りの回転角速度を示す信号を出力し、演算部は初期傾斜角演算部と傾斜角変化演算部と筆記中傾斜角演算部と角加速度演算部と加速度補正部と座標変換演算部と移動量演算部を備え、初期傾斜角演算部は無筆記状態で3個の加速度センサを用いて検出したペン軸座標系(Xs, Ys, Zs)の加速度(A_{xso} , A_{yso} , A_{zso})を基に重力加速度方向に伸びる軸をZg軸にした重力座標系(Xg, Yg, Zg)におけるペン軸の傾斜角の初期値を演算し、傾斜角変化演算部は筆記状態で3個のジャイロを用いて検出した回転角速度(ω_{xs} , ω_{ys} , ω_{zs})を基にペン軸の重力座標系(Xg, Yg, Zg)における傾斜角の変化を演算し、筆記中傾斜角演算部は初期傾斜角演算部が演算した傾斜角の初期値と傾斜角変化演算部が演算した傾斜角の変化を基に筆記中のペン軸の重力座標系(Xg, Yg, Zg)における傾斜角を算出し、角加速度演算部は3個のジャイロを用いて検出した回転角速度から回転角加速度を求め、加速度補正部は3個のジャイロを用いて検出した回転角速度、角加速度演算部が算出した回転角加速度及び各加速度センサの取付位置((X_{as}, Y_{as}, Z_{as}) , (X_{bs}, Y_{bs}, Z_{bs}) , (X_{cs}, Y_{cs}, Z_{cs}))を基に3個の加速度センサを用いて検出した加速度のペン先部を中心とした傾斜運動による加速度成分を算出し、算出した傾斜運動による加速度成分を基に加速度センサの取付位置におけるペン軸座標系(Xs, Ys, Zs)の加速度(A_{xs} , A_{ys} , A_{zs})を補正してペン先部におけるペン軸座標系(Xs, Ys, Zs)の加速度(A_{xog} , A_{yog} , A_{zog})を下記の式により求め、

【0015】

【数3】

10

20

30

40

$$\begin{pmatrix} X_{og} \\ Y_{og} \\ Z_{og} \end{pmatrix} = E^{-1} \left(\begin{pmatrix} \dot{X}_s \\ \dot{Y}_s \\ \dot{Z}_s \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \dot{\omega}_{ys} \cdot Z_{as} - \dot{\omega}_{zs} \cdot Y_{as} \\ \dot{\omega}_{zs} \cdot Z_{bs} - \dot{\omega}_{xs} \cdot Z_{as} \\ \dot{\omega}_{xs} \cdot Z_{cs} - \dot{\omega}_{ys} \cdot Y_{cs} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} \right) + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{pmatrix}$$

但し、

$$E^{-1} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} \\ a_{12} & a_{22} & a_{32} \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} \end{pmatrix}$$

$$a_{11} = \cos \theta \cos \psi$$

$$a_{21} = \sin \phi \sin \theta \cos \psi - \cos \phi \sin \psi$$

$$a_{31} = \cos \phi \sin \theta \cos \psi + \sin \phi \sin \psi$$

$$a_{12} = \cos \theta \cos \psi$$

$$a_{22} = \sin \phi \sin \theta \sin \psi + \cos \phi \cos \psi$$

$$a_{32} = \cos \phi \sin \theta \sin \psi - \sin \phi \cos \psi$$

$$a_{13} = -\sin \theta$$

$$a_{23} = \sin \phi \cos \theta$$

$$a_{33} = \cos \phi \cos \theta$$

$$g = 9.80665 (\text{m/sec}^2)$$

ϕ , θ , ψ はそれぞれ X_s 軸, Y_s 軸, Z_s 軸の各軸回りの回転角度である。

$$b_1 = -(\omega_{ys}^2 + \omega_{zs}^2) X_{as} + \omega_{xs} \cdot \omega_{ys} \cdot Y_{as} + \omega_{zs} \cdot \omega_{xs} \cdot Z_{as}$$

$$b_2 = \omega_{xs} \cdot \omega_{ys} \cdot X_{bs} - (\omega_{zs}^2 + \omega_{xs}^2) Y_{bs} + \omega_{ys} \cdot \omega_{zs} \cdot Z_{bs}$$

$$b_3 = \omega_{zs} \cdot \omega_{xs} \cdot X_{cs} + \omega_{ys} \cdot \omega_{zs} \cdot Y_{cs} - (\omega_{xs}^2 + \omega_{ys}^2) Z_{cs}$$

$$X_{og} = A x_{og} = \frac{d^2}{dt^2} X_{og}, \quad \dot{X}_s = A x_s$$

$$Y_{og} = A y_{og} = \frac{d^2}{dt^2} Y_{og}, \quad \dot{Y}_s = A y_s$$

$$Z_{og} = A z_{og} = \frac{d^2}{dt^2} Z_{og}, \quad \dot{Z}_s = A z_s$$

$$\dot{\omega}_{xs} = \frac{d\omega_{xs}}{dt}, \quad \dot{\omega}_{ys} = \frac{d\omega_{ys}}{dt}, \quad \dot{\omega}_{zs} = \frac{d\omega_{zs}}{dt}$$

【 0 0 1 6 】

座標変換演算部は筆記中傾斜角演算部が算出した筆記中のペン軸の重力座標系における傾斜角を基に加速度補正部が補正して求めたペン先部のペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) による加速度を重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) による加速度 ($A x_g, A y_g, A z_g$) に変換し、移動量演算部は座標変換演算部が変換した加速度を基にペン先部の移動方向及び移動距離を算出して、オイラー座標変換方式を採用してペン軸の傾斜運動による影響をなくすと共に加速度センサの取付位置による影響をなくし、正確にペン先部の移動方向及び移動量を検出する。

【 0 0 1 7 】

また、ペン型入力装置は、3個の加速度センサと3個のジャイロと演算部を有し、3個の加速度センサはそれぞれペン軸を Z_s 軸としたペン軸座標系の X_s 軸方向, Y_s 軸方向及び Z_s 軸方向の加速度を示す信号を出力し、3個のジャイロはそれぞれ X_s 軸周り, Y_s 軸周り及び Z_s 軸周りの回転角速度を示す信号を出力し、演算部は初期回転角ベクトル演算部と筆記中回転角ベクトル演算部と角加速度演算部と加速度補正部と座標変換演算部と移

10

20

30

40

50

動量演算部を備え、初期回転角ベクトル演算部は筆記開始の際に3個の加速度センサを用いて検出したペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) の加速度 ($A_{xso}, A_{yso}, A_{zso}$) を基に回転角ベクトルの初期値を演算し、筆記中回転角ベクトル演算部は初期回転角ベクトル演算部が演算した回転角ベクトルの初期値又は前回サンプリングした際に筆記中回転角ベクトル演算部が演算した回転角ベクトルと3個のジャイロを用いて検出した回転角速度 ($\omega_{xs}, \omega_{ys}, \omega_{zs}$) を基に今回サンプリングの際の回転角ベクトルを演算し、角加速度演算部は3個のジャイロを用いて検出した回転角速度から回転角加速度を求め、加速度補正部は3個のジャイロを用いて検出した回転角速度、角加速度演算部が算出した回転角加速度及び各加速度センサの取付位置 ($(X_{as}, Y_{as}, Z_{as}), (X_{bs}, Y_{bs}, Z_{bs}), (X_{cs}, Y_{cs}, Z_{cs})$) を基に3個の加速度センサを用いて検出した加速度のペン先部を中心とした傾斜運動による加速度成分を算出し、算出した傾斜運動による加速度成分を基に加速度センサの取付け位置におけるペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) の加速度 (A_{xs}, A_{ys}, A_{zs}) を補正してペン先部におけるペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) の加速度 ($A_{xog}, A_{yog}, A_{zog}$) を下記の式により求め、

【 0 0 1 8 】

【 数 4 】

$$\begin{pmatrix} X_{og} \\ Y_{og} \\ Z_{og} \end{pmatrix} = C_g^s \left(\begin{pmatrix} \dot{X}_s \\ \dot{Y}_s \\ \dot{Z}_s \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \dot{\omega}_{ys} \cdot Z_{as} - \dot{\omega}_{zs} \cdot Y_{as} \\ \dot{\omega}_{zs} \cdot Z_{bs} - \dot{\omega}_{xs} \cdot Z_{as} \\ \dot{\omega}_{xs} \cdot Z_{cs} - \dot{\omega}_{ys} \cdot Y_{cs} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} \right) + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{pmatrix}$$

但し、

$$C_g^s = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} b_{11} &= \chi^2 + \rho x^2 - \rho y^2 - \rho z^2 & b_{12} &= 2(\rho x \cdot \rho y - \chi \cdot \rho z) \\ b_{21} &= 2(\rho x \cdot \rho y + \chi \cdot \rho z) & b_{22} &= \chi^2 - \rho x^2 + \rho y^2 - \rho z^2 \\ b_{31} &= 2(\rho x \cdot \rho z - \chi \cdot \rho y) & b_{32} &= 2(\rho y \cdot \rho z + \chi \cdot \rho x) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{13} &= 2(\rho x \cdot \rho z + \chi \cdot \rho y) \\ b_{23} &= 2(\rho y \cdot \rho z - \chi \cdot \rho x) \\ b_{33} &= \chi^2 - \rho x^2 - \rho y^2 + \rho z^2 \end{aligned}$$

$$\chi = \cos \frac{\phi}{2}$$

$$\rho x = \frac{\phi x}{\phi} \cdot \left(\sin \frac{\phi}{2} \right), \quad \rho y = \frac{\phi y}{\phi} \cdot \left(\sin \frac{\phi}{2} \right),$$

$$\rho z = \frac{\phi z}{\phi} \cdot \left(\sin \frac{\phi}{2} \right)$$

$$b_1 = -(\omega_{ys}^2 + \omega_{zs}^2) \chi_{as} + \omega_{xs} \cdot \omega_{ys} \cdot Y_{as} + \omega_{zs} \cdot \omega_{xs} \cdot Z_{as}$$

$$b_2 = \omega_{xs} \cdot \omega_{ys} \cdot \chi_{bs} - (\omega_{zs}^2 + \omega_{xs}^2) Y_{bs} + \omega_{ys} \cdot \omega_{zs} \cdot Z_{bs}$$

$$b_3 = \omega_{zs} \cdot \omega_{xs} \cdot \chi_{cs} + \omega_{ys} \cdot \omega_{zs} \cdot Y_{cs} - (\omega_{xs}^2 + \omega_{ys}^2) Z_{cs}$$

$$\dot{X}_{og} = A_{xog} = \frac{d^2}{dt^2} X_{og}, \quad \dot{X}_s = A_{xs}$$

$$\dot{Y}_{og} = A_{yog} = \frac{d^2}{dt^2} Y_{og}, \quad \dot{Y}_s = A_{ys}$$

$$\dot{Z}_{og} = A_{zog} = \frac{d^2}{dt^2} Z_{og}, \quad \dot{Z}_s = A_{zs}$$

$$\dot{\omega}_{xs} = \frac{d\omega_{xs}}{dt}, \quad \dot{\omega}_{ys} = \frac{d\omega_{ys}}{dt}, \quad \dot{\omega}_{zs} = \frac{d\omega_{zs}}{dt}$$

$$g = 9.80665 (\text{m/sec}^2)$$

C_g^s : 座標変換行列

【 0 0 1 9 】

座標変換演算部は筆記中回転角ベクトル演算部が演算した回転角ベクトルを基に加速度補正部が補正して求めたペン先部のペン軸座標系 (Xs, Ys, Zs) による加速度を重力座標系 (Xg, Yg, Zg) による加速度 (Axg, Ayg, Azg) に変換し、移動量演算部は座標変換演算部が変換した加速度を基にペン先部の移動方向及び移動距離を算出して、ストラップダウン方式を用いてペン軸の傾斜運動による影響をなくすと共に加速度センサの取付位置による影響をなくす。

【 0 0 2 0 】

さらに、Xs軸方向の加速度センサをYs = 0となる位置、Ys方向の加速度センサをXs = 0となる位置、Zs方向の加速度センサをZs軸上に設けて、補正演算処理を簡単にする。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

さらに、Zs軸からの距離が加速度センサの分解能 (m/s^2) を $2.5 (/s^2)$ で割った長さの範囲内である位置に各加速度センサを設けて、補正演算処理をさらに簡単にする。

【 0 0 2 2 】

【 発明の実施の形態 】

この発明のペン型入力装置は、コンピュータ装置等に文字、記号及び図形等を入力するものがある。この発明のペン型入力装置は、無筆記状態でのペン軸をZs軸としたペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) のXs軸方向、Ys軸方向及びZs軸方向の加速度を検出し、検出した加速度から重力加速度方向に伸びる軸をZg軸にした重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) におけるペン軸の傾斜角の初期値を求める。また、ペン型入力装置は筆記中におけるペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) のXs軸周り、Ys軸周り及びZs軸周りの角速度を検出し、ペン軸の重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) における傾斜角の変化を検出する。これにより、筆記時におけるペン軸の重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) における傾斜角を求め、ペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) における加速度を重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) における加速度に変換し、移動方向及び移動距離を正確に検出するものである。

10

【 0 0 2 3 】

また、加速度の検出位置とペン先部が離れていると、加速度の検出結果がペン軸の傾斜運動の影響を受ける。そこで、検出したペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) の加速度を補正して、ペン軸の傾斜運動による影響をなくすことにより、ペン先部の移動方向及び移動距離を正確に検出するものである。

20

【 0 0 2 4 】

ペン型入力装置は、例えば3個の加速度センサと3個のジャイロと演算部を有する。3個の加速度センサはそれぞれペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) のXs軸方向、Ys軸方向及びZs軸方向の加速度を示す信号を出力する。3個のジャイロはそれぞれペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) のXs軸周り、Ys軸周り及びZs軸周りの回転角速度を示す信号を出力する。演算部は初期傾斜角演算部と傾斜角変化演算部と筆記中傾斜角演算部と角加速度演算部と加速度補正部と座標変換演算部と移動量演算部を備える。初期傾斜角演算部は無筆記状態で3個の加速度センサを用いて検出したペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) の加速度を基にペン軸の重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) における傾斜角の初期値を演算する。傾斜角変化演算部は筆記状態で3個のジャイロを用いて検出した回転角速度を基にペン軸の重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) における傾斜角の変化を演算する。筆記中傾斜角演算部は初期傾斜角演算部が演算したペン軸の重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) における傾斜角の初期値と傾斜角変化演算部が演算したペン軸の重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) における傾斜角の変化を基に、筆記中のペン軸の重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) における傾斜角を求める。

30

【 0 0 2 5 】

角加速度演算部は3個のジャイロを用いて検出した回転角速度から回転角加速度を求める。加速度補正部は3個のジャイロを用いて検出した回転角速度、角加速度演算部が算出した回転角加速度及び各加速度センサの取付位置を基に3個の加速度センサを用いて検出した加速度のペン先部を中心とした傾斜運動による加速度成分を算出し、算出した傾斜運動による加速度成分を基に3個の加速度センサを用いて検出したペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) の加速度を補正してペン先部におけるペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) の加速度を求める。これにより、加速度センサの取付位置がペン先部から離れていることに起因するペン軸の傾斜運動の影響をなくすることができる。

40

【 0 0 2 6 】

座標変換演算部は筆記中傾斜角演算部が検出した筆記中のペン軸の重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) における傾斜角を基に加速度補正部が求めたペン先部におけるペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) の加速度を重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) の加速度に変換する。移動量演算部は座標変換演算部が変換した加速度を基にペン先部の重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) での移動方向及び移動距離を算出する。このように重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) の加速度を用いて移動方向及び移動距離を演算するので、傾斜運動による影響をなくすことがで

50

きる。

【0027】

また、ペン型入力装置は、上記のようにオイラー座標変換方式を用いる代わりに、ストラップダウン方式を用いても良い。ペン型入力装置は、例えば3個の加速度センサと3個のジャイロと演算部を有する。演算部は初期回転角ベクトル演算部と筆記中回転角ベクトル演算部と角加速度演算部と加速度補正部と座標変換演算部と移動量演算部を備える。初期回転角ベクトル演算部は筆記開始の際(時刻=0)に3個の加速度センサを用いて検出したペン軸座標系(X_s, Y_s, Z_s)の加速度を基に回転角ベクトルの初期値を演算する。筆記中回転角ベクトル演算部は初期回転角ベクトル演算部が演算した回転角ベクトルの初期値又は前回サンプリングの際(時刻= $n-1$)に筆記中回転角ベクトル演算部が演算した回転角ベクトルと3個のジャイロを用いて検出した回転角速度を基に今回サンプリングの際(時刻= n)の回転角ベクトルを演算する。例えば初期回転角ベクトル演算部が回転角ベクトルの初期値を演算した後、最初のサンプリングの際(時刻=1)には、筆記中回転角ベクトル演算部は初期回転角ベクトル演算部が算出した回転角ベクトルの初期値を基に今回サンプリングの際(時刻=1)の回転角ベクトルを演算し、それ以後のサンプリングの際には前回のサンプリングの際に算出した回転角ベクトルを基に今回サンプリングの際の回転角ベクトルを算出する。

10

【0028】

角加速度演算部は、オイラー座標変換方式を用いた場合と同様に3個のジャイロを用いて検出した回転角速度から回転角加速度を求める。加速度補正部は3個のジャイロを用いて検出した回転角速度、角加速度演算部が算出した回転角加速度及び各加速度センサの取付位置を基に3個の加速度センサを用いて検出した加速度のペン先部を中心とした傾斜運動による加速度成分を算出し、算出した傾斜運動による加速度成分を基に3個の加速度センサを用いて検出したペン軸座標系(X_s, Y_s, Z_s)の加速度を補正してペン先部におけるペン軸座標系(X_s, Y_s, Z_s)の加速度を求める。座標変換演算部は筆記中回転角ベクトル演算部が演算した回転角ベクトルを基に加速度補正部が補正して求めたペン先部のペン軸座標系(X_s, Y_s, Z_s)による加速度を重力座標系(X_g, Y_g, Z_g)による加速度に変換し、移動量演算部は座標変換演算部が変換した加速度を基にペン先部の移動方向及び移動距離を算出する。

20

【0029】

ここで、上記加速度補正部の演算を簡単にするために、例えば X_s 軸方向の加速度センサを $Y_s=0$ となる位置、 Y_s 方向の加速度センサを $X_s=0$ となる位置、 Z_s 方向の加速度センサを Z_s 軸上に設けたり、 Z_s 軸からの距離が加速度センサの分解能(m/s^2)を $2.5(1/s^2)$ で割った長さの範囲内である位置に各加速度センサを設けたりしても良い。ここで、上記半径は通常の筆記動作ではペン先部の加速度は最大 $10(m/s^2)$ 程度であり、補正に用いる回転角速度の2乗及び回転角加速度の値は大きくて $2.5(1/s^2)$ 程度であり、また、補正量は加速度の分解能程度の精度で算出すれば良いことから加速度センサの加速度の分解能(m/s^2)を $2.5(1/s^2)$ で割った長さとした。

30

【0030】

【実施例】

図1はこの発明の一実施例のペン型入力装置1の構成図である。以下の説明では、図2に示すようにペン先部8を原点としペン軸7を Z_s 軸とした座標系をペン軸座標系(X_s, Y_s, Z_s)といい、ペン軸7と直交する2軸を X_s 軸及び Y_s 軸として説明する。また、重力加速度方向に伸びる軸を Z_g 軸とする座標系を重力座標系といい、 Z_g 軸と直交する2軸を X_g 軸及び Y_g 軸という。図に示すように、ペン型入力装置1は加速度センサ2a, 2b, 2c、ジャイロ3a, 3b, 3c、演算部4a、記憶部5及び電源部6を有する。加速度センサ2a, 2b, 2cは、それぞれ X_s 軸に平行な X_{sa} 軸方向、 Y_s 軸に平行な Y_{sa} 軸方向及び Z_s 軸方向に向けて設けられ、 X_{sa} 軸方向、 Y_{sa} 軸方向及び Z_{sa} 軸方向の加速度(A_{xs}, A_{ys}, A_{zs})を示す信号を出力する。加速度センサ2a, 2b, 2cは、小型且つ高感度で加速度検出に対する直線性が良好なものであれば良く、ピエゾ抵抗方式のもの

40

50

、圧電方式のもの又は静電容量方式のものいずれでも良い。ジャイロ3 a, 3 b, 3 c はそれぞれ X s 軸及び X sa 軸に平行な X sb 軸周り, Y s 軸及び Y sa 軸に平行な Y sb 軸周り及び Z s 軸周りの回転角速度 (x_s , y_s , z_s) を示す信号を出力する。ジャイロ3 a, 3 b, 3 c はスケールファクタ (回転運動検出の正確さ) とドリフトレート (出力オフセットの安定度) が良好で小型なものであれば良く、回転ジャイロ、振動ジャイロ又は光学式ジャイロ等のいずれでも良い。

【 0 0 3 1 】

演算部 4 a は、図 3 に示すように A D 変換器 4 1 a ~ 4 1 f、ローパスフィルタ (以後「 L P F 」という。) 4 2 a ~ 4 2 f、静止判別部 4 3、初期傾斜角演算部 4 4、傾斜角変化演算部 4 5、筆記中傾斜角演算部 4 6、角加速度演算部 4 7、加速度補正部 4 8、座標変換演算部 4 9 a、重力加速度除去部 5 0 及び移動量演算部 5 1 を備える。A D 変換器 4 1 a ~ 4 1 f は、それぞれ加速度センサ 2 a, 2 b, 2 c 及びジャイロ 3 a, 3 b, 3 c からのアナログ信号をデジタル信号に変換する。L P F 4 2 a ~ 4 2 f はペン先部 8 と筆記面との摩擦力により生じる加速度センサ 2 a, 2 b, 2 c 及びジャイロ 3 a, 3 b, 3 c からの信号の高周波成分を遮断する。これは、ペン先部 8 と筆記面との摩擦により加速度センサ 2 a, 2 b, 2 c 及びジャイロ 3 a, 3 b, 3 c からの信号に高周波成分が発生するからである。

10

【 0 0 3 2 】

初期傾斜角演算部 4 4 は無筆記状態で 3 個の加速度センサ 2 a, 2 b, 2 c を用いて検出した加速度 (A_{xso} , A_{yso} , A_{zso}) を基にペン軸 8 の重力座標系 (X_g , Y_g , Z_g) における傾斜角の初期値 (θ_x , θ_y , θ_z) を演算する。傾斜角変化演算部 4 5 は筆記状態で 3 個のジャイロ 3 a, 3 b, 3 c を用いて検出した回転角速度 x_s , y_s , z_s を基にペン軸 8 の重力座標系 (X_g , Y_g , Z_g) における傾斜角の変化 ($d\theta_x/dt$, $d\theta_y/dt$, $d\theta_z/dt$) を演算する。筆記中傾斜角演算部 4 6 は初期傾斜角演算部 4 4 が演算したペン軸 7 の重力座標系 (X_g , Y_g , Z_g) における傾斜角の初期値 (θ_x , θ_y , θ_z) と傾斜角変化演算部 4 5 が演算したペン軸 7 の重力座標系における傾斜角の変化 ($d\theta_x/dt$, $d\theta_y/dt$, $d\theta_z/dt$) を基に、筆記中のペン軸 7 の重力座標系 (X_g , Y_g , Z_g) における傾斜角 (θ_x , θ_y , θ_z) を求める。ここで、傾斜角 θ_x , θ_y , θ_z は X s 軸, Y s 軸, Z s 軸の角軸周りに 3 回回転させた立体的な角度であり、図 4 に示すように傾斜角 θ_x は Z g 軸を中心に重力座標系を回転して X g 軸が Z g 軸と X s 軸とが成す平面を横切る角度、傾斜角 θ_y は新たに形成される Y 1 軸を中心に回転して X 1 軸が X s 軸と一致する角度、傾斜角 θ_z は X 2 軸を中心に回転して Y s 軸と Z s 軸が一致する角度をいう。

20

30

【 0 0 3 3 】

角加速度演算部 4 7 は 3 個のジャイロ 3 a, 3 b, 3 c を用いて検出した回転角速度 (x_s , y_s , z_s) から回転角加速度 ($d x_s/dt$, $d y_s/dt$, $d z_s/dt$) を求める。加速度補正部 4 8 は 3 個のジャイロ 3 a, 3 b, 3 c を用いて検出した回転角速度 (x_s , y_s , z_s)、角加速度演算部 4 7 が算出した回転角加速度 ($d x_s/dt$, $d y_s/dt$, $d z_s/dt$) 及び各加速度センサ 2 a, 2 b, 2 c の取付位置を基に 3 個の加速度センサ 2 a, 2 b, 2 c を用いて検出した加速度 (A_{xso} , A_{yso} , A_{zso}) のペン先部 8 を中心とした傾斜運動による加速度成分を算出する。加速度補正部 4 8 は、算出した傾斜運動による加速度成分を基に 3 個の加速度センサ 2 a, 2 b, 2 c を用いて検出した加速度 (A_{xs} , A_{ys} , A_{zs}) を補正して、ペン先部 8 におけるペン軸座標系 (X_s , Y_s , Z_s) の加速度 (A_{xs} , A_{ys} , A_{zs}) を求める。これにより、加速度センサ 2 a, 2 b, 2 c の取付位置がペン先部 8 から離れていることに起因するペン軸 7 の傾斜運動の影響をなくすることができる。

40

【 0 0 3 4 】

座標変換演算部 4 9 a は筆記中傾斜角演算部 4 6 が算出した筆記中のペン軸 7 の重力座標系 (X_g , Y_g , Z_g) における傾斜角 θ_x , θ_y , θ_z を基に加速度補正部 4 8 が求めたペン先部 8 におけるペン軸座標系 (X_s , Y_s , Z_s) の加速度 (A_{xs} , A_{ys} , A_{zs}) を重力座標系 (X_g , Y_g , Z_g) の加速度 (A_{xg} , A_{yg} , A_{zg}) に変換する。重力加速度除去部 5

50

0 は座標変換演算部 4 9 a が座標変換した後の重力座標系 (X g , Y g , Z g) の加速度 (A x g , A y g , A z g) から重力加速度成分を除去する。移動量演算部 5 1 は重力加速度除去部 4 9 が重力加速度成分を除去した後の加速度 (A x g , A y g , A z g) を基にペン先部 8 の重力座標系 (X g , Y g , Z g) での移動方向及び移動距離を算出し、記憶部 5 に記憶する。

【 0 0 3 5 】

ここで、ペン型入力装置 1 の動作を説明する前に、上記座標変換等の演算処理についてさらに詳しく説明する。

【 0 0 3 6 】

ペン軸座標系 (X s , Y s , Z s) から重力座標系 (X g , Y g , Z g) への座標変換行列 in 10
 $vE (\quad , \quad , \quad)$ は次式で表すことができる。ここで、 $invE (\quad , \quad , \quad)$ は行列 $E (\quad , \quad , \quad)$ の逆行列とする。

【 0 0 3 7 】

【数 5】

$$\begin{pmatrix} X_g \\ Y_g \\ Z_g \end{pmatrix} = E^{-1}(\phi, \theta, \Psi) \begin{pmatrix} X_s \\ Y_s \\ Z_s \end{pmatrix}$$

$$E^{-1}(\phi, \theta, \Psi) = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$$

$$a_{11} = \cos \theta \cdot \cos \Psi$$

$$a_{21} = \cos \theta \cdot \sin \Psi$$

$$a_{31} = -\sin \theta$$

$$a_{12} = \sin \phi \cdot \sin \theta \cdot \cos \Psi - \cos \phi \cdot \sin \Psi$$

$$a_{22} = \sin \phi \cdot \sin \theta \cdot \sin \Psi + \cos \phi \cdot \cos \Psi$$

$$a_{32} = \sin \phi \cdot \cos \theta$$

$$a_{13} = \cos \phi \cdot \sin \theta \cdot \cos \Psi + \sin \phi \cdot \sin \Psi$$

$$a_{23} = \cos \phi \cdot \sin \theta \cdot \sin \Psi - \sin \phi \cdot \cos \Psi$$

$$a_{33} = \cos \phi \cdot \cos \theta$$

【 0 0 3 8 】

重力加速度を g とすると、傾斜角の初期値 (ϕ_0 , θ_0 , Ψ_0) は以下の式で求めることができる。

【 0 0 3 9 】

【数 6】

20

30

40

$$\begin{pmatrix} \ddot{X}_{so} \\ \ddot{Y}_{so} \\ \ddot{Z}_{so} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g \cdot \sin \theta_0 \\ -g \cdot \cos \theta_0 \cdot \sin \phi_0 \\ -g \cdot \cos \theta_0 \cdot \cos \phi_0 \end{pmatrix}$$

$$\ddot{X}_{so} = Ax_{so}$$

$$\ddot{Y}_{so} = Ay_{so}$$

$$\ddot{Z}_{so} = Az_{so}$$

10

【0040】

上式から静止状態での傾斜角 θ_0 、 ϕ_0 の絶対値が求まる。ここで、静止状態か否かは静止状態判別部 43 が、加速度センサ 2a、2b、2c 及びジャイロ 3a、3b、3c の出力信号の時間変化を監視して行なう。

【0041】

ここで、2つの未知数 θ_0 、 ϕ_0 に対して3本の方程式が立てられるので、重力加速度 g を未知数として扱うこともできる。この式を用いれば重力加速度 g の値を定義しなくとも、傾斜角 θ_0 、 ϕ_0 の絶対値を求めることができる。また、重力加速度 g の値を演算し、モニタし、この値の変動により演算の良否判定を行ない、例えば大きく値が変化した場合には警告を出すようにしても良い。また、傾斜角の初期値 θ_0 はゼロにリセットする。

20

【0042】

ペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) の各軸の回転角速度 ($\omega_{xs}, \omega_{ys}, \omega_{zs}$) と傾斜角速度 ($d\theta/dt, d\phi/dt, d\psi/dt$) の関係は、以下の式で示される。

【0043】

【数7】

$$\dot{\phi} = \omega_{xs} + \omega_{ys} \cdot \sin \phi \cdot \tan \theta + \omega_{zs} \cdot \cos \phi \cdot \tan \theta$$

$$\dot{\theta} = \omega_{ys} \cdot \cos \phi - \omega_{zs} \cdot \sin \phi$$

$$\dot{\psi} = \omega_{ys} \cdot \sin \phi \cdot \sec \theta + \omega_{zs} \cdot \cos \phi \cdot \sec \theta$$

$$\dot{\phi} = \frac{d\phi}{dt}, \quad \dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt}, \quad \dot{\psi} = \frac{d\psi}{dt}$$

30

【0044】

傾斜角の初期値 (θ_0, ϕ_0, ψ_0) を考慮して傾斜角速度 ($d\theta/dt, d\phi/dt, d\psi/dt$) を積分することで、傾斜角 (θ, ϕ, ψ) が求まる。傾斜角 (θ, ϕ, ψ) が求まると、さらに、前記式を基に座標変換行列 $\text{invE}(\theta, \phi, \psi)$ が求まる。

40

【0045】

ペン先座標系 (X_s, Y_s, Z_s) での X_s 軸方向、 Y_s 軸方向及び Z_s 軸方向の各加速度センサ 2a、2b、2c の取付座標をそれぞれ (X_{as}, Y_{as}, Z_{as})、(X_{bs}, Y_{bs}, Z_{bs})、(X_{cs}, Y_{cs}, Z_{cs}) とすると、各加速度センサ 2a、2b、2c から得られる加速度 (A_{xs}, A_{ys}, A_{zs}) から重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) のペン先部 8 の加速度 ($A_{xog}, A_{yog}, A_{zog}$) を求める式は、次式のようなになる。

【0046】

【数8】

$$\begin{pmatrix} \ddot{X}_{og} \\ \ddot{Y}_{og} \\ \ddot{Z}_{og} \end{pmatrix} = E^{-1} \left(\begin{pmatrix} \ddot{X}_s \\ \ddot{Y}_s \\ \ddot{Z}_s \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \dot{\omega}_{ys} \cdot Z_{as} - \dot{\omega}_{zs} \cdot Y_{as} \\ \dot{\omega}_{zs} \cdot X_{bs} - \dot{\omega}_{xs} \cdot Z_{bs} \\ \dot{\omega}_{xs} \cdot Y_{cs} - \dot{\omega}_{ys} \cdot X_{cs} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} \right) + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} b_1 &= -(\omega_{ys}^2 + \omega_{zs}^2) X_{as} + \omega_{xs} \cdot \omega_{ys} \cdot Y_{as} + \omega_{zs} \cdot \omega_{xs} \cdot Z_{as} \\ b_2 &= \omega_{xs} \cdot \omega_{ys} \cdot X_{bs} - (\omega_{zs}^2 + \omega_{xs}^2) Y_{bs} + \omega_{ys} \cdot \omega_{zs} \cdot Z_{bs} \\ b_3 &= \omega_{zs} \cdot \omega_{xs} \cdot X_{cs} + \omega_{ys} \cdot \omega_{zs} \cdot Y_{cs} - (\omega_{xs}^2 + \omega_{ys}^2) Z_{cs} \end{aligned}$$

10

$$\begin{aligned} \dot{X}_{og} &= A_{xog} = \frac{d^2}{dt^2} X_{og}, & \dot{X}_s &= A_{xs} \\ \dot{Y}_{og} &= A_{yog} = \frac{d^2}{dt^2} Y_{og}, & \dot{Y}_s &= A_{ys} \\ \dot{Z}_{og} &= A_{zog} = \frac{d^2}{dt^2} Z_{og}, & \dot{Z}_s &= A_{zs} \end{aligned}$$

$$\dot{\omega}_{xs} = \frac{d\omega_{xs}}{dt}, \quad \dot{\omega}_{ys} = \frac{d\omega_{ys}}{dt}, \quad \dot{\omega}_{zs} = \frac{d\omega_{zs}}{dt}$$

20

【 0 0 4 7 】

上記式の括弧内の第2項及び第3項はジャイロ3a, 3b, 3cを用いて検出した回転角速度(ω_{xs} , ω_{ys} , ω_{zs})と回転角速度($\dot{\omega}_{xs}$, $\dot{\omega}_{ys}$, $\dot{\omega}_{zs}$)から得た回転角加速度($d\omega_{xs}/dt$, $d\omega_{ys}/dt$, $d\omega_{zs}/dt$)の関数であるので、加速度補正部48は上記式の括弧内の第2項及び第3項を算出して、加速度センサ2a, 2b, 2cからの信号を基に検出した加速度(A_{xs} , A_{ys} , A_{zs})を補正して、括弧内で表すペン先部8におけるペン軸座標系(X_s , Y_s , Z_s)での加速度を得る。

【 0 0 4 8 】

30

重力加速度除去部50は、さらに、上記式から重力加速度成分を除去する。移動量演算部51は重力加速度成分を除去した後の重力座標系(X_g , Y_g , Z_g)でのペン先部8の加速度(A_{xog} , A_{yog} , A_{zog})を2回積分して、ペン先部8の軌跡(X_{og} , Y_{og} , Z_{og})を求める。

【 0 0 4 9 】

上記構成のペン型入力装置1の動作を、図5のフローチャートを参照して説明する。

【 0 0 5 0 】

加速度センサ2a, 2b, 2c及びジャイロ3a, 3b, 3cはそれぞれ X_{sa} 軸方向, Y_{sa} 軸方向, Z_s 軸方向の加速度 A_{xs} , A_{ys} , A_{zs} 及び X_{sb} 軸周り, Y_{sb} 軸周り, Z_s 軸周りの回転角速度(ω_{xs} , ω_{ys} , ω_{zs})を示す信号を出力する。AD変換器41a~41fは、各加速度センサ2a, 2b, 2c及びジャイロ3a, 3b, 3cを用いて検出した加速度(A_{xs} , A_{ys} , A_{zs})及び回転角速度(ω_{xs} , ω_{ys} , ω_{zs})をデジタル変換する。LPF42a~42fは各加速度センサ2a, 2b, 2c及びジャイロ3a, 3b, 3cからの信号をデジタル変換して得た加速度(A_{xs} , A_{ys} , A_{zs})及び回転角速度(ω_{xs} , ω_{ys} , ω_{zs})から低周波数成分を抽出する。

40

【 0 0 5 1 】

予め定めた一定周期のサンプリングタイミングになると、静止判別部43は、AD変換器41a~41fからデジタル変換後の加速度(A_{xs} , A_{ys} , A_{zs})及び回転角速度(ω_{xs} , ω_{ys} , ω_{zs})を読み出し(ステップS1)、例えば読み出した加速度(A_{xs} , A_{ys} , A_{zs})及び回転角速度(ω_{xs} , ω_{ys} , ω_{zs})から高周波数成分を抽出して、いずれも高周

50

波数成分を含んでいないときを静止状態と判別し、いずれかが高周波数成分を含んでいるときを筆記中と判別する。

【0052】

静止判別部43が静止状態と判別すると(ステップS2)、初期傾斜角演算部44は、既に説明したように加速度センサ2a, 2b, 2cを用いて検出した加速度(Axso, Aysso, Azso)を基にして初期傾斜角(θ_0 , ϕ_0 , ψ_0)を求める(ステップS3)。

【0053】

その後、加速度センサ2a, 2b, 2c及びジャイロ3a, 3b, 3cから加速度信号及び回転角速度信号を読み出し(ステップS4)、傾斜角変化演算部45は、ジャイロ3a, 3b, 3cを用いて検出した回転角速度(\dot{x}_s , \dot{y}_s , \dot{z}_s)を基に傾斜角の変化($d\theta/dt$, $d\phi/dt$, $d\psi/dt$)を求める(ステップS5)。筆記中傾斜角演算部46は、既に説明したように初期傾斜角(θ_0 , ϕ_0 , ψ_0)と傾斜角の変化($d\theta/dt$, $d\phi/dt$, $d\psi/dt$)を基に $\theta = \theta_0 + (d\theta/dt)$ 、 $\phi = \phi_0 + (d\phi/dt)$ 、 $\psi = \psi_0 + (d\psi/dt)$ を計算して、筆記中の傾斜角(θ , ϕ , ψ)を算出する(ステップS6)。

10

【0054】

角加速度演算部47はジャイロ3a, 3b, 3cを用いて検出した回転角速度(\dot{x}_s , \dot{y}_s , \dot{z}_s)を基に回転角加速度(d^2x_s/dt^2 , d^2y_s/dt^2 , d^2z_s/dt^2)を算出する(ステップS7)。加速度補正部48は回転角速度(\dot{x}_s , \dot{y}_s , \dot{z}_s)及び回転角加速度(d^2x_s/dt^2 , d^2y_s/dt^2 , d^2z_s/dt^2)を基に、既に説明したように加速度センサ2a, 2b, 2cを用いて検出した加速度(Axs, Ays, Azs)を補正して、ペン先部8におけるペン軸座標系(Xs, Ys, Zs)での加速度を算出する(ステップS8)。このように加速度センサ2a, 2b, 2cを用いて検出した加速度(Axs, Ays, Azs)を基にペン先部8におけるペン軸座標系(Xs, Ys, Zs)での加速度を算出するので、加速度センサ2a, 2b, 2cの取付位置がペン先部8から離れていることによるペン軸7の傾斜運動の影響をなくすることができる。

20

【0055】

座標変換演算部49aは、筆記中傾斜角演算部46が算出した筆記中のペン軸7の傾斜角(θ , ϕ , ψ)を用いて、加速度補正部48が算出したペン先部8におけるペン軸座標系(Xs, Ys, Zs)での加速度を重力座標系(Xg, Yg, Zg)におけるペン先部8の加速度(Axog, Ayog, Azog)に変換する(ステップS9)。このように、ペン軸座標系(Xs, Ys, Zs)での加速度を重力座標系(Xg, Yg, Zg)における加速度(Axog, Ayog, Azog)に変換するので、ペン軸7の傾斜による影響を除去することができる。重力加速度除去部50は、重力座標系(Xg, Yg, Zg)におけるペン先部8の加速度(Axog, Ayog, Azog)から重力加速度gの成分を除去し、重力加速度gによる影響を除去する(ステップS10)。移動量演算部51は重力加速度gの成分を除去した後の重力座標系(Xg, Yg, Zg)におけるペン先部8の加速度(Axog, Ayog, Azog)を2回積分してペン先部8の移動方向及び移動量(Xog, Yog, Zog)を算出して(ステップS11)、ペン先部8の軌跡を求め、入力処理が終了するまで上記動作を繰り返す(ステップS12)。

30

40

【0056】

次に、他の実施例としてストラップダウン方式を採用してペン先部8の移動方向及び移動距離を求める場合について説明する。ペン型入力装置は、図6に示す演算部4bを有する。演算部4bはAD変換器41a~41f、LPF42a~42f、静止判別部43、初期回転角ベクトル演算部52、筆記中回転角ベクトル演算部53、角加速度演算部47、加速度補正部48、座標変換演算部49b、重力加速度除去部50及び移動量演算部51を備える。初期回転角ベクトル演算部52は、筆記開始の際に各加速度センサ2a, 2b, 2cを用いて検出したペン軸座標系(Xs, Ys, Zs)の加速度Axso, Aysso, Azsoを基に回転角ベクトルの初期値 θ_0 を算出する。ここで、 θ_0 はベクトルであり、 $\theta_0 = (\theta_{x0}, \theta_{y0}, \theta_{z0})$ とする。また、同様に回転角ベクトルを θ で表し、 $\theta = (\theta_x, \theta_y, \theta_z)$

50

(, z)とする。筆記中回転角ベクトル演算部 5 3 は初期回転角ベクトル演算部 5 2 が演算した回転角ベクトルの初期値 ϕ_0 または前回サンプリングした際に筆記中回転角ベクトル演算部 5 3 が演算した回転角ベクトル ϕ_{n-1} と 3 個のジャイロを用いて検出した回転角速度 (\dot{x}_s , \dot{y}_s , \dot{z}_s) を基に今回サンプリングの際の回転角ベクトル ϕ_n を算出する。

【 0 0 5 7 】

上記構成のペン型入力装置 1 におけるペン先部 8 の移動方向及び移動量算出について説明する。

【 0 0 5 8 】

最初に各加速度センサ 2 a , 2 b , 2 c を用いて検出した加速度 (A_{xso} , A_{yso} , A_{zso}) から回転角ベクトルの初期値 ϕ_0 を算出する場合について説明する。

10

【 0 0 5 9 】

$z_0 = 0$ として Z s 軸周りの回転角速度をリセットする。このとき、静止状態において各加速度センサ 2 a , 2 b , 2 c を用いて検出した加速度 (A_{xso} , A_{yso} , A_{zso}) と回転角ベクトルの初期値 $\phi_0 = (\phi_{x0}$, ϕ_{y0} , $\phi_{z0})$ との間には、次ぎの関係が成り立つ。

【 0 0 6 0 】

【数 9】

$$\begin{pmatrix} A_{xso} \\ A_{yso} \\ A_{zso} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \ddot{X}_{so} \\ \ddot{Y}_{so} \\ \ddot{X}_{so} \end{pmatrix} = g \begin{pmatrix} e_{y0} \cdot \sin \phi_0 \\ -e_{x0} \cdot \sin \phi_0 \\ -\cos \phi_0 \end{pmatrix}$$

20

$$\phi_{y0} = \phi_0 \cdot e_{y0} , \quad \phi_{x0} = \phi_0 \cdot e_{x0}$$

$$e_{x0}^2 + e_{y0}^2 = 1$$

【 0 0 6 1 】

上記式から静止状態における回転角ベクトルの初期値 ϕ_0 が求まる。

【 0 0 6 2 】

ここで、2 つの未知数 ϕ_{x0} , ϕ_{y0} に対して 3 本の方程式が立てられるので、既に説明したように重力加速度 g の値を定義しなくとも ϕ_{x0} , ϕ_{y0} の絶対値を算出することができる。

30

【 0 0 6 3 】

重力加速度 g を未知数とした場合、回転角ベクトルの初期値 ϕ_0 は、例えば次式で表すことができる。

【 0 0 6 4 】

【数 10】

$$\phi = \frac{1}{2} \cdot \cos^{-1} \frac{\ddot{Z}_{so}^2 - (\ddot{X}_{so}^2 + \ddot{Y}_{so}^2)}{\ddot{X}_{so}^2 + \ddot{Y}_{so}^2 + \ddot{Z}_{so}^2}$$

$$\ddot{X}_{so} = \frac{dX_{so}}{dt}, \quad \ddot{Y}_{so} = \frac{dY_{so}}{dt}, \quad \ddot{Z}_{so} = \frac{dZ_{so}}{dt}$$

$$e_{xo} = \frac{-\ddot{Y}_{so}}{\sqrt{\ddot{X}_{so}^2 + \ddot{Y}_{so}^2}}, \quad e_{yo} = \frac{\ddot{X}_{so}}{\sqrt{\ddot{X}_{so}^2 + \ddot{Y}_{so}^2}}$$

$$\Phi = \vec{\phi} = \begin{pmatrix} \phi_o \cdot e_{xo} \\ \phi_o \cdot e_{yo} \\ 0 \end{pmatrix}$$

10

【0065】

次に、前回のサンプリングタイミングの回転角ベクトル $n-1$ とジャイロ 3 a, 3 b, 3 c を用いて検出した回転角速度 (x_s, y_s, z_s) を基に筆記中の回転角ベクトル n を算出する場合について説明する。

【0066】

回転角ベクトル n の微分方程式は、次式で表すことができる。

20

【0067】

【数1.1】

$$\dot{\vec{\phi}} = \frac{d\phi}{dt} = \vec{\omega}_s + \frac{1}{2} \left(\vec{\phi} \times \vec{\omega}_s \right)$$

【0068】

したがって、サンプリング周期を t_o とすると、次式を得ることができ、回転角ベクトル n を得ることができる。ここで、回転角ベクトルの初期値 o を求めた後の 1 回目のサンプリングの際には前回のサンプリングタイミングの回転角ベクトル $n-1$ として回転角ベクトルの初期値 o を使い、2 回目以後は前回のサンプリングタイミングで次式を用いて求めた回転角ベクトル $n-1$ を用いる。

30

【0069】

【数1.2】

$$\vec{\phi}_n = \vec{\phi}_{n-1} + \left(\vec{\omega}_s + \frac{1}{2} \vec{\phi}_{n-1} \times \vec{\omega}_s \right) \cdot t_o$$

t_o : サンプリング周期

40

【0070】

次に、上記のようにして得た回転角ベクトル n を基に各加速度センサ 2 a, 2 b, 2 c の出力を用いて検出したペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) の加速度 (A_{xs}, A_{ys}, A_{zs}) を重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) の加速度 (A_{xg}, A_{yg}, A_{zg}) に変換する場合について説明する。

【0071】

回転角ベクトル n からストラップダウン方式における座標変換行列を求めるにはパラメータ (x, y, z) を用いた次式を用いる。

【0072】

【数1.3】

50

$$\phi = \left| \vec{\phi} \right| = \left| \Phi \right|$$

$$\chi = \cos \frac{\phi}{2}$$

$$\rho_x = \frac{\phi_x}{\phi} \cdot \left(\sin \frac{\phi}{2} \right), \quad \rho_y = \frac{\phi_y}{\phi} \cdot \left(\sin \frac{\phi}{2} \right), \quad \rho_z = \frac{\phi_z}{\phi} \cdot \left(\sin \frac{\phi}{2} \right)$$

$$C_g^S = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix}$$

10

$$b_{11} = \chi^2 + \rho_x^2 - \rho_y^2 - \rho_z^2$$

$$b_{21} = 2(\rho_x \cdot \rho_y + \chi \cdot \rho_z)$$

$$b_{31} = 2(\rho_x \cdot \rho_z - \chi \cdot \rho_y)$$

$$b_{12} = 2(\rho_x \cdot \rho_y - \chi \cdot \rho_z)$$

$$b_{22} = \chi^2 - \rho_x^2 + \rho_y^2 - \rho_z^2$$

$$b_{32} = 2(\rho_y \cdot \rho_z + \chi \cdot \rho_x)$$

$$b_{13} = 2(\rho_x \cdot \rho_z + \chi \cdot \rho_y)$$

$$b_{23} = 2(\rho_y \cdot \rho_z - \chi \cdot \rho_x)$$

$$b_{33} = \chi^2 - \rho_x^2 - \rho_y^2 + \rho_z^2$$

20

C_g^S : 座標変換行列

【0073】

アルゴリズムは異なるが、上記座標変換行列はオイラー座標変換方式における座標変換行列 $\text{invE} \left(\quad, \quad, \quad \right)$ と同じものであり、オイラー座標変換方式における場合と同様に次式が成り立つ。

【0074】

30

【数14】

$$\begin{pmatrix} X_g \\ Y_g \\ Z_g \end{pmatrix} = C_g^S \begin{pmatrix} X_s \\ Y_s \\ Z_s \end{pmatrix}$$

【0075】

ここで、加速度センサ 2 a , 2 b , 2 c はペン先部 8 から離れた位置に取り付けられているので、ペン先部 8 を中心とした傾斜運動の成分を補正する必要がある。各加速度センサ 2 a , 2 b , 2 c の取付位置のペン軸座標系 (X s , Y s , Z s) での座標を (X a s , Y a s , Z a s) , (X b s , Y b s , Z b s) , (X c s , Y c s , Z c s) とすると、各加速度センサ 2 a , 2 b , 2 c を用いて検出した加速度 (A x s , A y s , A z a) は次式により、ペン先部 8 における重力座標系 (X g , Y g , Z g) での加速度 (A x o g , A y o g , A z o g) に変換できる。

40

【0076】

【数15】

$$\begin{pmatrix} \ddot{X}_{og} \\ \ddot{Y}_{og} \\ \ddot{Z}_{og} \end{pmatrix} = C_{sg}^S \left(\begin{pmatrix} \ddot{X}_s \\ \ddot{Y}_s \\ \ddot{Z}_s \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \dot{\omega}_{ys} \cdot Z_{as} - \dot{\omega}_{zs} \cdot Y_{as} \\ \dot{\omega}_{zs} \cdot X_{bs} - \dot{\omega}_{xs} \cdot Z_{bs} \\ \dot{\omega}_{xs} \cdot Y_{cs} - \dot{\omega}_{ys} \cdot X_{cs} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} \right) + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{pmatrix}$$

【 0 0 7 7 】

上記式のうち括弧内の第 2 項及び第 3 項が加速度センサ 2 a , 2 b , 2 c の取付位置がペン先部 8 から離れていることによる影響の補正項である。加速度補正部 4 8 はこの補正項を計算して、加速度センサ 2 a , 2 b , 2 c を用いて検出した加速度 (A xs , A ys , A zs) を補正する。

10

【 0 0 7 8 】

上記構成のペン型入力装置の動作を、図 7 のフローチャートを参照して説明する。

【 0 0 7 9 】

既に説明したように予め定めた一定周期のサンプリングタイミングになると、静止判別部 4 3 は、A D 変換器 4 1 a ~ 4 1 f からデジタル変換後の加速度 (A xs , A ys , A zs) 及び回転角速度 (xs , ys , zs) を読み出し (ステップ S 2 1)、読み出したデジタル変換後の加速度 (A xs , A ys , A zs) 及び回転角速度 (xs , ys , zs) から、例えば高周波数成分を抽出して、いずれも高周波数成分を含んでいないときを静止状態と判別し、いずれかが高周波数成分を含んでいるときを筆記中と判別する。

20

【 0 0 8 0 】

静止判別部 4 3 が静止状態と判別すると (ステップ S 2 2)、初期回転ベクトル演算部 5 2 は、既に説明したように加速度センサ 2 a , 2 b , 2 c を用いて検出した加速度 (A xso , A yso , A zso) を基にして回転角ベクトルの初期値 o を算出する (ステップ S 2 3)。ここで、静止状態判別部 4 3 が静止状態と判別している間は初期ベクトル演算部 5 2 は上記動作を繰り返し、その間のサンプル回数 n はゼロとなる。

【 0 0 8 1 】

その後、再び A D 変換器 4 1 a ~ 4 1 f からデジタル変換後の加速度 (A xs , A ys , A zs) 及び回転角速度 (xs , ys , zs) を読み出し (ステップ S 2 4)、筆記中回転ベクトル演算部 5 3 は、既に説明したように初期回転角ベクトル演算部 5 2 が演算した回転角ベクトルの初期値 o 又は前回サンプリングした際に筆記中回転角ベクトル演算部 5 3 が演算した回転角ベクトル n-1 と 3 個のジャイロ 3 , 3 b , 3 c が検出した回転角速度 (xs , ys , zs) を基に今回サンプリングの際の回転角ベクトル n を演算する (ステップ S 2 5)。

30

【 0 0 8 2 】

既に説明したように角加速度演算部 4 7 はジャイロ 3 a , 3 b , 3 c を用いて検出した回転角速度 (xs , ys , zs) を基に回転角加速度 (d xs / d t , d ys / d t , d zs / d t) を算出する (ステップ S 2 6)。加速度補正部 4 8 は回転角速度 (xs , ys , zs) 及び角速度演算部 4 7 が算出した回転角加速度 (d xs / d t , d ys / d t , d zs / d t) を基に、既に説明したように加速度センサ 2 a , 2 b , 2 c を用いて得た加速度 (A xs , A ys , A zs) を補正して、ペン先部 8 におけるペン軸座標系 (X s , Y s , Z s) での加速度 (A xog , A yog , A zog) を算出する (ステップ S 2 7)。このように加速度センサ 2 a , 2 b , 2 c を用いて得た加速度 (A xs , A ys , A zs) を基にペン先部 8 におけるペン軸座標系 (X s , Y s , Z s) での加速度を算出するので、加速度センサ 2 a , 2 b , 2 c の取付位置がペン先部 8 から離れていることによるペン軸 7 の傾斜運動の影響をなくすることができる。

40

【 0 0 8 3 】

座標変換演算部 4 9 b は筆記中回転角ベクトル演算部 5 3 が算出した筆記中における回

50

転角ベクトル n を用いて、加速度補正部 48 が算出したペン先部 8 におけるペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) での加速度を重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) におけるペン先部 8 の加速度 ($A_{xog}, A_{yog}, A_{zog}$) に変換する (ステップ S28)。このように、ペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) での加速度を重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) における加速度 ($A_{xog}, A_{yog}, A_{zog}$) に変換するので、ペン軸 7 の傾斜による影響を除去することができる。また、上記のように演算ステップが少なく、ペン先部 8 における重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) の加速度 ($A_{xog}, A_{yog}, A_{zog}$) への変換が簡単であるので、処理を速くできるとともに、演算ステップを減らすことにより演算誤差が発生することを防止できる。

【0084】

重力加速度除去部 50 は、重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) におけるペン先部 8 の加速度 ($A_{xog}, A_{yog}, A_{zog}$) から重力加速度 g の成分を除去し、重力加速度 g による影響を除去する (ステップ S29)。移動量演算部 51 は重力加速度 g の成分を除去した後の重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) におけるペン先部 8 の加速度 ($A_{xog}, A_{yog}, A_{zog}$) を 2 回積分してペン先部 8 の移動方向及び移動量 (X_{og}, Y_{og}, Z_{og}) を算出して (ステップ S30)、ペン先部 8 の軌跡を求め、入力処理が終了するまで上記動作を繰り返す (ステップ S31)。

【0085】

ここで、ペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) での加速度を重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) における加速度 ($A_{xog}, A_{yog}, A_{zog}$) に変換する処理を速めるために、図 8 に示すように X_s 軸方向の加速度センサ 2a を $Y_s = 0$ となる位置 ($X_{as}, 0, Z_{as}$)、 Y_s 方向の加速度センサ 2b を $X_s = 0$ となる位置 ($0, Y_{bs}, Z_{bs}$)、 Z_s 方向の加速度センサ 2c を Z_s 軸上の位置 ($0, 0, Z_{cs}$) に設けても良い。

【0086】

したがって、上記各加速度センサ 2a, 2b, 2c の取付位置の座標 ($X_{as}, 0, Z_{as}$)、($0, Y_{bs}, Z_{bs}$)、($0, 0, Z_{cs}$) を用いると、前述の各加速度センサ 2a, 2b, 2c を用いて検出した加速度 (A_{xs}, A_{ys}, A_{zs}) をペン先部 8 における重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) での加速度 ($A_{xog}, A_{yog}, A_{zog}$) に変換する式は次ぎのようになる。

【0087】

【数 16】

$$\begin{pmatrix} \ddot{X}_{og} \\ \ddot{Y}_{og} \\ \ddot{Z}_{og} \end{pmatrix} = C_{sg}^S \left(\begin{pmatrix} \ddot{X}_s \\ \ddot{Y}_s \\ \ddot{Z}_s \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \dot{\omega}_{ys} \cdot Z_{as} \\ -\dot{\omega}_{xs} \cdot Z_{bs} \\ 0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} b_4 \\ b_5 \\ b_6 \end{pmatrix} \right) + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{pmatrix}$$

$$b_4 = -(\omega_{ys}^2 + \omega_{zs}^2) \cdot X_{as} + \omega_{zs} \cdot \omega_{xs} \cdot Z_{as}$$

$$b_5 = -(\omega_{zs}^2 + \omega_{xs}^2) \cdot Y_{bs} + \omega_{ys} \cdot \omega_{zs} \cdot Z_{bs}$$

$$b_6 = -(\omega_{xs}^2 + \omega_{ys}^2) \cdot Z_{cs}$$

【0088】

上記式で示すように補正項の演算量が少なくなるので、処理速度を速めることができる。

【0089】

また、図 9 に示すように X_s 軸方向の加速度センサ 2a を $X_s = 0$ となる位置 ($0, Y_{as}, Z_{as}$)、 Y_s 方向の加速度センサ 2b を $Y_s = 0$ となる位置 ($X_{bs}, 0, Z_{bs}$)、 Z_s 方向の加速度センサ 2c を Z_s 軸上の位置 ($0, 0, Z_{cs}$) に設けても良い。この場合も上述の場合と同様に各加速度センサ 2a, 2b, 2c を用いて検出した加速度 (A_{xs}, A_{ys}, A_{zs}) をペン先部 8 における重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) での加速度 ($A_{xog}, A_{yog},$

10

20

30

40

50

A zog) に変換する式は次式のようになり、処理速度を速めることができる。

【 0 0 9 0 】

【数 1 7】

$$\begin{pmatrix} \ddot{X}_{og} \\ \ddot{Y}_{og} \\ \ddot{Z}_{og} \end{pmatrix} = C_{sg}^s \left(\begin{pmatrix} \ddot{X}_s \\ \ddot{Y}_s \\ \ddot{Z}_s \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \dot{\omega}_{ys} \cdot Z_{as} - \dot{\omega}_{zs} \cdot Y_{as} \\ \dot{\omega}_{zs} \cdot X_{bs} - \dot{\omega}_{xs} \cdot Z_{bs} \\ 0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} b_7 \\ b_8 \\ b_9 \end{pmatrix} \right) + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{pmatrix}$$

$$b_7 = \omega_{xs} \cdot \omega_{ys} \cdot Y_{as} + \omega_{zs} \cdot \omega_{xs} \cdot Z_{as}$$

$$b_8 = \omega_{xs} \cdot \omega_{ys} \cdot X_{bs} + \omega_{ys} \cdot \omega_{zs} \cdot Z_{bs}$$

$$b_9 = -(\omega_{xs}^2 + \omega_{ys}^2) \cdot Z_{cs}$$

10

【 0 0 9 1 】

また、通常の筆記動作ではペン先部 8 にかかる加速度は最大で 10 (m / s²) 程度であり、このとき加速度補正部 4 8 が加速度 (A_{xs}, A_{ys}, A_{zs}) の補正に用いる回転角速度の 2 乗及び回転角加速度の値は大きくても 2.5 (/ s²) 程度である。この時の補正量は移動量 (m) × 2.5 (/ s²) 程度が最大となるが、実際は加速度センサ 2 a, 2 b, 2 c の分解能 (m / s²) 程度の精度で算出すれば良い。したがって、加速度センサ 2 a, 2 b, 2 c の分解能 (m / s²) を 2.5 (/ s²) で割った長さを半径とする Z s 軸を中心軸とした円柱範囲内に加速度センサ 2 a, 2 b, 2 c を設けた場合は、補正量の最大値が加速度センサ 2 a, 2 b, 2 c の分解能以下になるので、X s 軸方向及び Y s 軸方向には補正をする必要がなくなる。各加速度センサ 2 a, 2 b, 2 c を基に検出した加速度 (A_{xs}, A_{ys}, A_{zs}) の補正項のうち X s 軸方向及び Y s 軸方向に関する項は無視できるので、図 1 0 に示すように各加速度センサ 2 a, 2 b, 2 c のペン先部からの Z s 軸方向の距離をそれぞれ L₁, L₁, L₂ とすると、各加速度センサ 2 a, 2 b, 2 c の座標はほぼ (X_{as}, Y_{as}, Z_{as}) = (0, 0, - L₁)、(X_{bs}, Y_{bs}, Z_{bs}) = (0, 0, - L₁)、(X_{cs}, Y_{cs}, Z_{cs}) = (0, 0, - L₂) となる。これより、各加速度センサ 2 a, 2 b, 2 c を用いて検出した加速度 (A_{xs}, A_{ys}, A_{zs}) をペン先部 8 における重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) での加速度 (A_{xog}, A_{yog}, A_{zog}) に変換する式は次式のようになる。

20

30

【 0 0 9 2 】

【数 1 8】

$$\begin{pmatrix} \ddot{X}_{og} \\ \ddot{Y}_{og} \\ \ddot{Z}_{og} \end{pmatrix} = C_{sg}^s \left(\begin{pmatrix} \ddot{X}_s \\ \ddot{Y}_s \\ \ddot{Z}_s \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} -\dot{\omega}_{ys} \cdot L_1 \\ \dot{\omega}_{xs} \cdot L_1 \\ 0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} -\omega_{zs} \cdot \omega_{xs} \cdot L_1 \\ -\omega_{ys} \cdot \omega_{zs} \cdot L_1 \\ (\omega_{xs}^2 + \omega_{ys}^2) \cdot L_2 \end{pmatrix} \right) + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{pmatrix}$$

40

【 0 0 9 3 】

これにより、加速度補正の演算量をさらに減らし、処理速度をさらに速めることができる。

【 0 0 9 4 】

実際に分解能が 0.02 (m / s²) の加速度センサをペン軸から 8 (mm) (20 mm / 2.5 = 8 mm) 離れた位置に設け、上記近似式を用いた場合と近似式を用いない場合とで補正後の加速度を比較したが、ほぼ等しかった。

【 0 0 9 5 】

【発明の効果】

50

この発明は以上説明したように、無筆記状態で加速度センサを用いて検出したペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) の加速度を基に重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) におけるペン軸の傾斜角の初期値を演算し、筆記状態の回転角速度を基にペン軸の重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) における傾斜角の変化を演算し、傾斜角の初期値と傾斜角の変化を基に筆記中のペン軸の重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) における傾斜角を算出するので、筆記中のペン軸の傾斜角を正確に算出できる。

【0096】

筆記中の回転角速度から回転角加速度を求め、筆記中の回転角速度、回転角加速度及び各加速度センサの取付位置を基に各加速度センサを用いて検出した加速度のペン先部を中心とした傾斜運動による加速度成分を算出し、算出した傾斜運動による加速度成分を基に 10
加速度センサ取付位置におけるペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) の加速度を補正してペン先部におけるペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) の加速度を求めるので、各加速度センサがペン先部から離れているために受けるペン軸の傾斜運動の影響をなくすることができる。

【0097】

筆記中のペン軸の重力座標系における傾斜角を基にペン先部のペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) による加速度を重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) による加速度に変換し、変換した加速度を基にペン先部の移動方向及び移動距離を算出するので、ペン軸の傾斜の影響のない 20
正確な筆跡を検出することができる。

【0098】

また、筆記開始の際に加速度センサが検出したペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) の加速 20
度を基に回転角ベクトルの初期値を演算し、回転角ベクトルの初期値又は前回サンプリングの際に演算した回転角ベクトルとジャイロを用いて検出した回転角速度を基に今回サンプリングの際の回転角ベクトルを演算し、回転角速度から回転角加速度を求め、回転角速度、回転角加速度及び各加速度センサの取付位置を基に加速度センサを用いて検出した加速度のペン先部を中心とした傾斜運動による加速度成分を算出し、算出した傾斜運動による 30
加速度成分を基に加速度センサの取付位置におけるペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) の加速度を補正してペン先部におけるペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) の加速度を求め、今回サンプリングの際の回転角ベクトルを基にペン先部のペン軸座標系 (X_s, Y_s, Z_s) による加速度を重力座標系 (X_g, Y_g, Z_g) による加速度に変換し、変換した加速度を基にペン先部の移動方向及び移動距離を算出するので、正確にペン先部の筆跡を検出する 30
ことができるとともに演算処理を少なくして処理速度を速めることができる。

【0099】

さらに、 X_s 軸方向の加速度センサを $Y_s = 0$ となる位置、 Y_s 方向の加速度センサを $X_s = 0$ となる位置、 Z_s 方向の加速度センサを Z_s 軸上に設けたので、補正演算処理が簡単になり、さらに演算速度を速めることができる。

【0100】

さらに、 Z_s 軸からの距離が加速度センサの分解能 (m/s^2) を $2.5 (1/s^2)$ で割った長さの範囲内である位置に各加速度センサを設けたので、 X_s 軸方向及び Y_s 軸方向の補正を行なう必要がなくなり、補正演算処理をさらに速めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施例を示す構成図である。

【図2】 座標系の説明図である。

【図3】 オイラー座標変換方式を用いた演算部の構成図である。

【図4】 傾斜角の説明図である。

【図5】 オイラー座標変換方式を用いた装置の動作を示すフローチャートである。

【図6】 ストラップダウン方式を用いた演算部の構成図である。

【図7】 ストラップダウン方式を用いた装置の動作を示すフローチャートである。

【図8】 各加速度センサを軸上に設けた場合の配置図である。

【図9】 各加速度センサを軸上に設けた場合の他の配置図である。

【図10】 加速度センサを所定の円柱範囲内に設けた場合の配置図である。

10

20

30

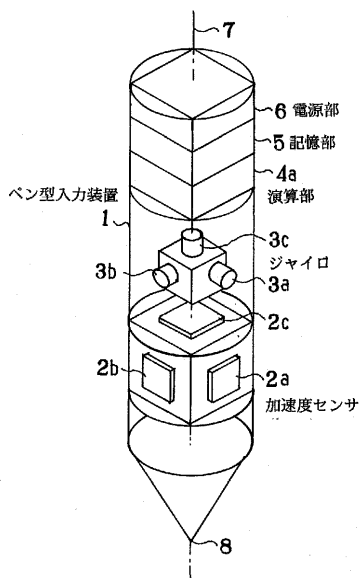
40

50

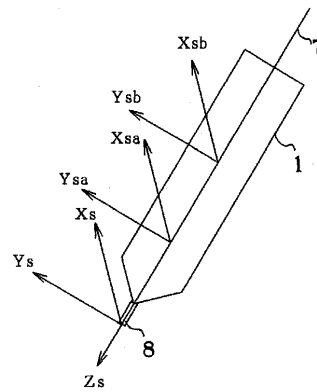
【符号の説明】

- 1 ペン型入力装置
- 2 加速度センサ
- 3 ジャイロ
- 4 演算部
- 4 3 静止判別部
- 4 4 初期傾斜角演算部
- 4 5 傾斜角変化演算部
- 4 6 筆記中傾斜角演算部
- 4 7 角加速度演算部
- 4 8 加速度補正部
- 4 9 座標変換演算部
- 5 0 重力加速度除去部
- 5 1 移動量演算部
- 7 ペン軸
- 8 ペン先部

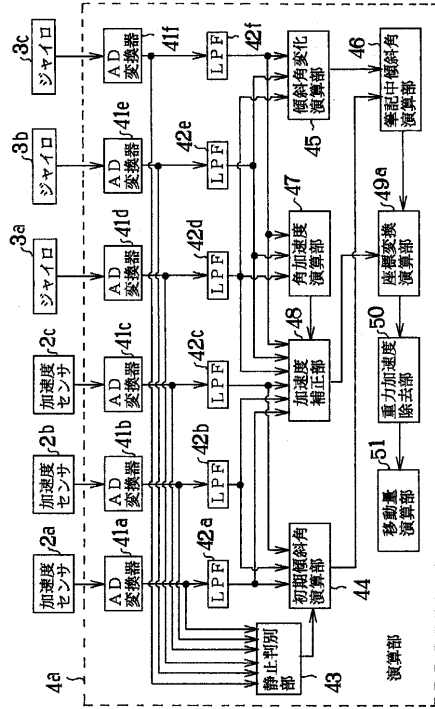
【図 1】



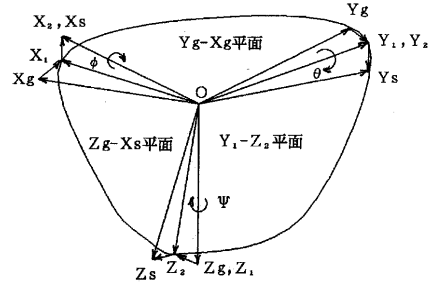
【図 2】



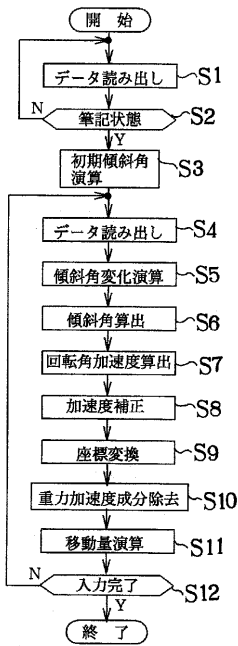
【 図 3 】



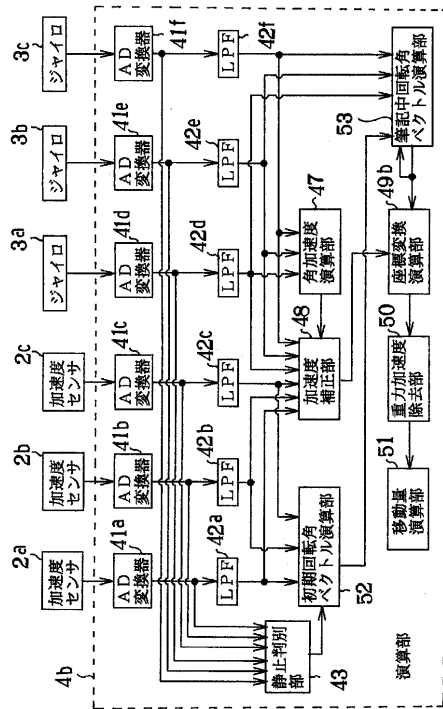
【 図 4 】



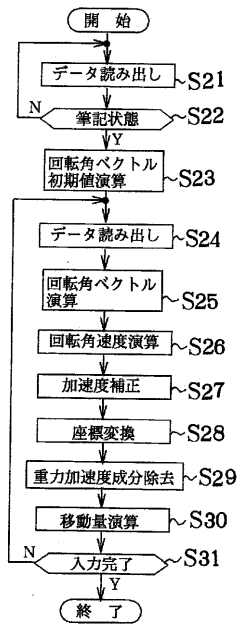
【 図 5 】



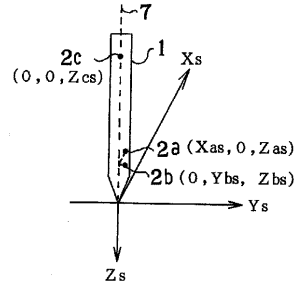
【 図 6 】



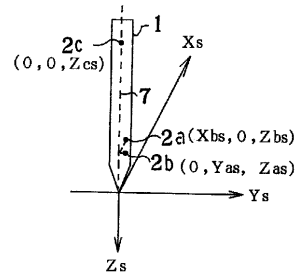
【 図 7 】



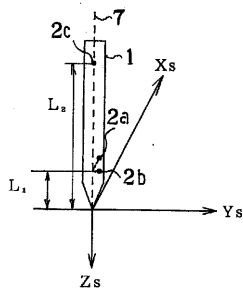
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

審査官 中田 剛史

- (56)参考文献 特開平06 - 044005 (JP, A)
特開平07 - 295736 (JP, A)
特開平07 - 084716 (JP, A)
特開平06 - 067799 (JP, A)
特開平08 - 129449 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
G06F 3/03-037