

トラッキングビジョンと3自由度のモータ -人体追尾システムの開発-

園田増雄*・鈴木健生**・矢野智昭***

* 電子部、**株安川電機、*** (独)産業技術総合研究所

A Tracking Vision and The Motor of The 3-Degree of Freedom -Development of a Human being Pursuit System-

Masuo SONODA*, Takeo SUZUKI** and Tomoaki YANO***

高齢化社会を迎え、病院や老人ホーム等での痴呆症患者や寝たきり老人など介護を必要とする人が多くなることが予想されている。特に、痴呆症患者の徘徊を未然に防ぐため、老人へのやモニタによる監視を行っているが、監視者の過労や人件費が高いなどの問題がある。そのため、人体を検知・監視して警告できるシステムが必要とされている。

本研究では、3自由度モータとカメラを組み合わせて、人体位置、方向検知を可能にする人体追尾システムの開発に必要なトラッキングビジョンと3自由度モータについて報告する。

1. はじめに

高齢化社会を迎え、病院や老人ホーム等での痴呆症患者や寝たきり老人など介護を必要とする人が多くなると予想されている。特に、痴呆症患者は、徘徊により人目のない所や路上で事故に会ったり、患者捜索のために多くの労力と時間を要するなどの問題が発生する。これらを防止するため、患者に付き添う人を雇ったり、患者の部屋にカメラを取り付けてモニタで監視するなどの方法があるが、監視者の過労や人件費が高いなどの問題がある。

そのため、患者を検知・監視して、病室など決められたエリアから出ようとするときに関係者に警報信号を出せるシステムが必要とされている。

本研究では、3自由度モータ¹⁾にCCDカメラを取り付け、そのカメラから人体位置、移動状況を検知することを目標とし、トラッキングビジョン、3自由度モータ、CCDカメラによるシステム構築方法について検討を行った。

2. システムの概要

人体追尾システムの概要を図1に示す。システムは、CCDカメラ(株エルモ社製マイクロカラーカメラQN42H)、3自由度モータおよびパソコンで構成している。3自由度モータの回転軸にはCCDカメラを取り付けて、対象となる人の画像をパソコンに送っている。パソコンの拡張スロットには、2つのプリント基板が組み込んでいる。1つはCCDカメラからの画像を処理し、動きベクトルを生成するトラッキングビジョンである。もう1つは、3自由度モータを動かすためのモータコントローラである。これらの基板を効果的に動作させることにより、CCDカメラが人を追尾(トラッキング)できるようにプログラムを作成した。

本システムのフローを図2に示す。最初に、システム全体の初期化を行い、最初に追尾するターゲット(人体)を認識させる画像をCCDカメラから1フレーム取り込む。

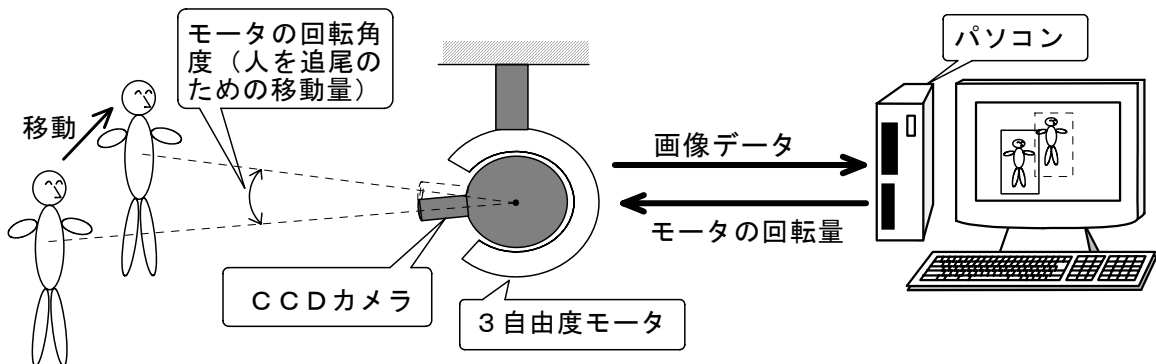


図1 システム概要図

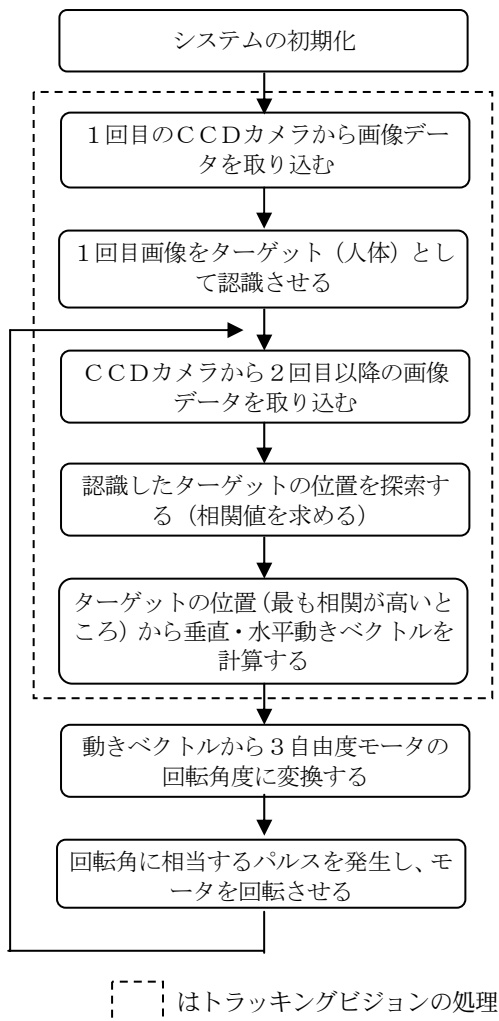


図2 システムのフロー図

その後、CCDカメラから順次画像を取り込み、認識させた画像との濃度差(絶対値)の総和を画素毎に計算し、相関が最も高い所をターゲットが移動した位置として動きベクトル(ターゲットの移動方向と移動

量)を計算する。ここまでの処理をトラッキングビジョンで行う。この動きベクトルを3自由度モータの回転角度に変換して、回転角に相当するパルスをモータ側に送り、CCDカメラの視野の中心に人体が来るようにモータを動かす。このことによりカメラの視野から対象がはずれることなく追尾することが可能になる。その概要を図3に示す。

なお、本システムは、一人だけを追尾すること目標にしている。

3. トラッキングビジョン

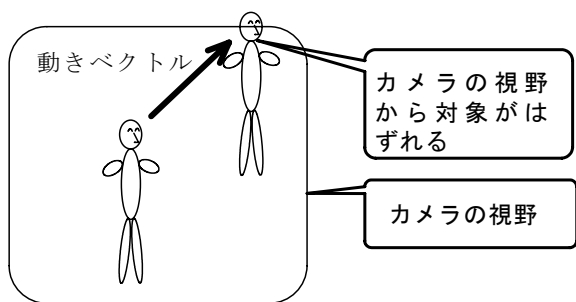
3.1 ハードウェア

CCDカメラの画像を処理して、特定のターゲット(ここでは人)の動きベクトルを計算するために、専用のハードウェア(富士通株製TRV-CPW5)を使用した。このハードウェアは、PCIインターフェースのプリント基板で供給され、パソコンの拡張スロットで使用するものである。この仕様を表1に示す。

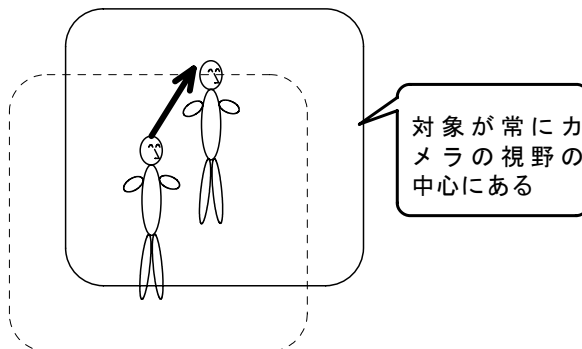
また、トラッキングビジョンのハードウェア構成を図4に示す。

トラッキングビジョンの機能は、基本的に動きベクトルを計測することである。動きベクトルは、特定のターゲットがどの方向にどれだけ動いたかを表している。例えば、図5に示すとおり、ある任意の時点のフレーム(画像)で P_1 にあったターゲットが、次のフレームで P_2 へ動いたとすると、 P_1 と P_2 を結んだベクトルが動きベクトルである。

実際に求めるベクトルは、 x 方向のベクトルと y 方向のベクトルに分解した値である。この値は、図4に示すACP(動き追跡プロセッサ)が高速(33msec以内)に相関演算処理を行い、相関が一番高い位置から動きベクトルを求める。演算は、次の式に示すように、画素ごとの濃度差を絶対値の総和として求めている。



a. カメラが固定の場合



b. 動きベクトル相当のパルスでカメラを動かした場合

図3 カメラ視野の移動

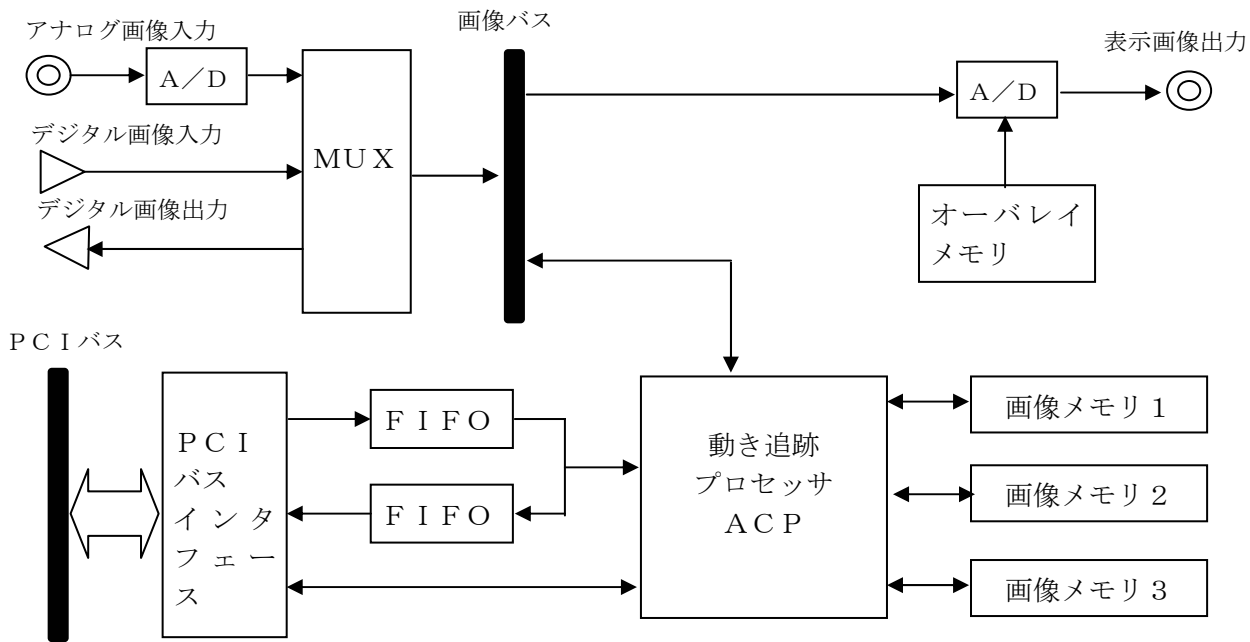


図4 トラッキングビジョンハードウェア構成

表1 トラッキングビジョンの仕様

映像入力	NTSCカラー2系統
映像出力	NTSCカラー1系統
同期モード	内部同期・外部同期
画像データ幅	16ビット (RGB 5:6:5)
有効画像メモリサイズ	640×480×16ビット ×3画面
参照ブロックサイズ	8n×8m 画像 (n, m=1, 2, …)
動きベクトル探索範囲	水平垂直 -8 ~ +7 画素
間引き率	水平垂直 1 ~ 8 画素
有効オーバーレイメモリサイズ	640×480×4ビットカラー
FIFO容量	4K×24ビット×2
バス種類	PCIバス

$$D(u, v) = \sum_{x, y = 0}^7 |R(x, y) - S(x+u+8, y+v+8)|$$

ここで、 $R(x, y)$ は認識させたターゲットを含むブロック（ 8×8 画素）の画像データ、 $S(x, y)$ はターゲットが移動したと予想される探索ブロッ

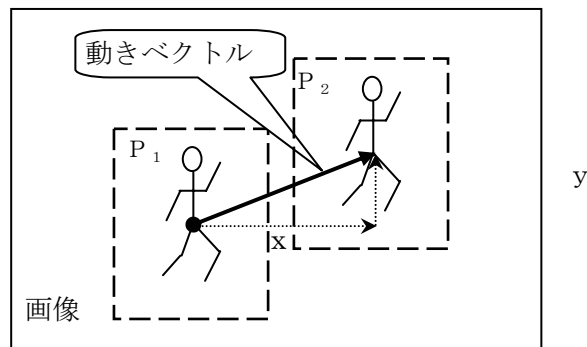


図5 動きベクトル

ク（ 23×23 画素）の画像データである。 $D(u, v)$ は探索する各画素毎に求める。この $D(u, v)$ の値が最も小さい位置が最も相関が高い位置（画素）とみなして動きベクトルを求める。動きベクトルは、水平方向と垂直方向の2つのベクトルに分解される。これにより、ターゲットの移動量と方向を知ることができる。

3.2 ソフトウェア

トラッキングビジョンはターゲットの動きベクトルを演算し、パソコン側で人などターゲットを追尾するための演算を行う。図4に示すように、トラッキングビジョンとパソコン間はPCIインターフェースおよびFIFOを介して、データの通信を行う。

転送されるデータは、初期値設定、認識するターゲットを含む参照用のブロックの設定、探索するブロックの設定、画像の取り込み方法、動きベクトルなどで

ある。

連続して取り込まれる画像 (33msec) 毎に、動きベクトルを演算することにより、ターゲットを追従することが可能になる。

4. 3自由度モータ

3自由度モータは、視野からターゲットがはずれないようにするため、図6に示すように回転中心軸に固定されたCCDカメラの角度を変更させる。



図6 CCDカメラと3自由度モータ

表2 3自由度モータの主な仕様

軸構成	ジンバル機構 X軸:水平軸 Y軸:垂直軸 θ 軸:回転軸
モータの種類	2相永久磁石式バイポーラ方式 パルスモータ
駆動方式	電流分割 (励磁電流の1周期を512分割) によるマイクロステップ駆動方式
動作範囲	X軸: ± 45 度 Y軸: ± 45 度 θ 軸: 360 度
入力電源	AC100V (50/60Hz)
重量	モータ: 4.3Kgf 固定スタンド: 3Kgf

4.1 ハードウェア

3自由度モータは、各軸をステップモータ駆動方式として、回転軸 (θ 軸) を中心に配置し、その外側にY軸、さらにその外側にX軸を配置した。CCD

カメラは、 θ 軸に取り付けた。

3自由度モータの主な仕様を表2に示す。このモータは、3軸それぞれをステップモータ駆動方式とした。

X軸は水平方向に回転 (± 45 度) する軸で、Y軸は垂直方向に回転 (± 45 度) する軸である。X軸とY軸は、 θ 軸 (360 度) を支えるためにジンバル構造になっており、円弧型のリニアステップモータとした。なお、 θ 軸はカメラを取り付けただけで、回転用には使用しなかった。

3自由度モータは、3軸それぞれ独立したステップモータであることから、3つのドライバが必要になる。

3自由度モータのドライバへは、回転数及び移動量をパソコンから指令するようにした。コントローラの概要を図7に示す。

3自由度モータの性能の詳細を表3に示す。3自由度モータ制御用プリント基板は、モータコントローラATX-401 (株キョーパル製) をパソコンの拡張スロットに挿入して使用した。この基板にはパソコン

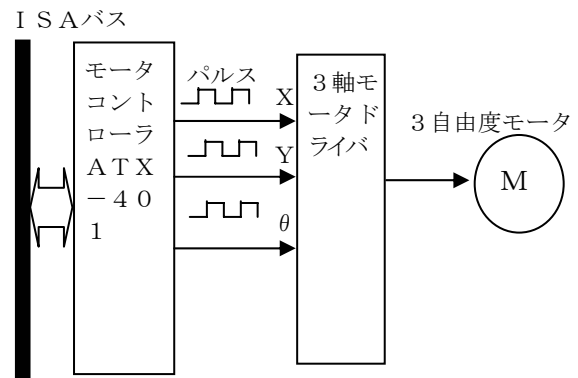


図7 コントロール概要図

側から3自由度モータの回転角度量を与えると、その角度量に相当するパルス列を各軸のドライバに送信する。ドライバは、パルス列の数と速度 (パルスの周波数) に応じた電流を発生してモータを回転する。

3自由度モータは、各軸ともステップモータ方式であるためオープン制御とした。

各軸の回転速度は、8.5 (θ 軸では6.4) ~ 50,000ppsで設定できる。回転数で表すと0.5rph ~ 48.8rpm (θ 軸では65rpm) である。ppsとは1秒間のパルス数を表し、このパルス数に分解能を掛けると1秒間当たりのモータ回転角になるため、ここでは回転速度と呼ぶことにしている。

4.2 ソフトウェア

3自由度モータを制御するためのプログラムは、モータコントローラメーカーから提供されているC言語用

表3 3自由度モータの性能

	X軸	Y軸	θ 軸
電気角 (度)	3	3	4
分解能 (度)	0.00586	0.00586	0.00781
設定電流 (A)	1.4	1.2	1.2
ホールディングトルク (Nm)	2.06	0.38	0.10
最高速度 (pps)	50,000	50,000	50,000
最低速度 (pps)	8.5	8.5	6.4
停止精度 (度) (9Kpps時)	± 0.008	± 0.029	± 0.026
原点復帰精度 (度) (1.6Kpps時)	± 0.00586	± 0.00586	± 0.00781
巻線抵抗 (Ω) (20℃時) (リード線含む)	2.0	1.6	2.0

関数を利用して作成した。

プログラム内容は、トラッキングビジョンから得た動きベクトルから3自由度モータのX、Y軸の回転角度に変換し、その角度を分解能(0.00586度=1パルス)で除した値をモータコントローラのレジスタに書き込むようにした。これを繰り返すことによりターゲットの動きを追尾する。

5. 結果及び考察

実際に、トラッキングビジョンと3自由度モータを接続して、システムの実験を行うことができなかったため、ここではトラッキングビジョンと3自由度モータに分けて述べる。

トラッキングビジョンは、特定のターゲットをカラーで認識させるとき、場所によって明るさが異なり、各色(R、G、B)の濃度値の差が少なくなるため、ターゲット以外のものを誤認してしまうことが生じた。

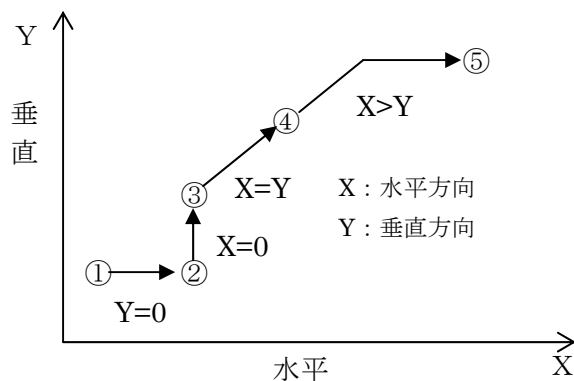


図8 モータの軌道

実験では、3自由度モータの中心から3mの位置に、直径8cmの厚紙に赤色と黒色を塗ったものを用意して行ったが、赤色の認識率は60%程度であった。夜間に、蛍光灯の明かりだけの環境下で、10~20%向上することができた。

背景を白くして、黒色に塗ったものは、90%の認識率であった。認識率を上げるためには、良好な条件の光環境下で使用するか、カメラを複数にして画像処理をするか、新たなセンサーを加えるなどの工夫が必要であると考えられる。

3自由度モータは、軸にCCDカメラを取り付けているので、4,000pps以上ではモータが振動するが、それ以下ではパソコンからのパルスに追従して動けることを確認した。モータの動く軌道は、直線補間の計算を行っていないので、図8に示すようになった。モータを①-②水平(Y=0)、②-③垂直(X=0)および③-④水平と垂直の距離が同じ(X=Y)の場合は、一直線動くが、④-⑤のようにどちらかの距離が長い場合は短い方の距離分移動するまでともう一方の残り分の2直線で移動する。これについては、追尾することが目的であるので問題にならないと考える。

また、モータの分解能(1パルス分)では、モータの中心から3mの地点では7画素分(3mm)に相当し、この範囲ではモータは動作させることができない。つまり、モータ側に近いところは3mm以下の動きを追尾できるが、遠くなると追尾できなくなり、目的によってはズーム機能を付加する必要があると考える。

6. おわりに

現在、本システムは次のことを実現した。

- ①対象が移動した距離と方向を画素数で現す。
- ②対象物の認識は、色(含む形)を記憶し、それを参照しながら相関値により移動量を計算する。
- ③3自由度モータでカメラを上下、左右に動かすことができる。

今後の課題は、次に示すとおりで、引き続き開発を進めることにしている。

- ① トラッキングビジョンと3自由度モータとの接続調整を行いシステムとして完成する。
- ② 特定ターゲットの認識率を向上させる。
- ③ さらに、追尾速度の高速化を図る。

文献

- 1)園田増雄, 鈴木健生, 萩原宗明, 矢野智昭. “3自由度モータの実用化に関する研究”. 本誌 No. 36, p.22-27(1998)