

高速ビジョンシステム

石川正俊 並木明夫 小室 孝
情報理工学系研究科システム情報学専攻

概要

1 秒間に 1000 フレームの画像処理能力を持つ高速ビジョンシステムを複数台用いて人間の動きや意図を人間が行動を終了する前にあらかじめ察知するようなセンシングシステムを開発する。そして、人を超える性能を提示するデモンストレーションを実現することで、システムの有効性を目に見える形で示すことを目標とする。

1 はじめに

実環境で人とロボットがインタラクトする場合、システムが人間と直接的に触れ合うのでビジョンなどのセンサによって人間の動きを素早く観測し、正確かつ安全にロボットを制御する必要がある。

一方、我々はこれまでに、視覚情報を実時間に取得・処理する視覚情報処理デバイスとして、イメージセンサの画素毎に処理回路を取り付けたビジョンチップおよびその技術を応用した高速ビジョンシステムの開発を行っており、それを用いて従来の視覚センサでは不可能な 1ms の高速視覚フィードバックを実現している。視覚情報は実世界情報の中でも特に情報量が多く、人間の活動の基本となるものであり、これを実時間に取得・処理することが、情報システムの高度化において重要であるといえる。

本研究では、この 1 秒間に 1000 フレームの画像処理能力を持つ高速ビジョンシステムを複数台用いて人間の動きや意図を人間が行動を終了する前にあらかじめ察知するようなセンシングシステムを開発する。

具体的には、視覚によって微少な人間の行動を高速に検出するアルゴリズムおよび視覚特徴量から人間の意図を知るための学習アルゴリズムを開発する。さらに、人と対戦するゲームなどにおいて人を超える性能を提示するデモンストレーションを実現することで、システムの有効性を目に見える形で示すことを目標とする。

本報告では、平成 17 年度の成果として、ビジョンチップを用いた人物動作計測と、ビジョンシステムの小型化およびウェアラブルマシンインターフェースへの応用について報告する。

2 ビジョンチップを用いた人物動作計測

前年度までに開発したビジョンチップシステム（図 1）を用いて、人物の動作を計測するためのいくつかの実験を行った。

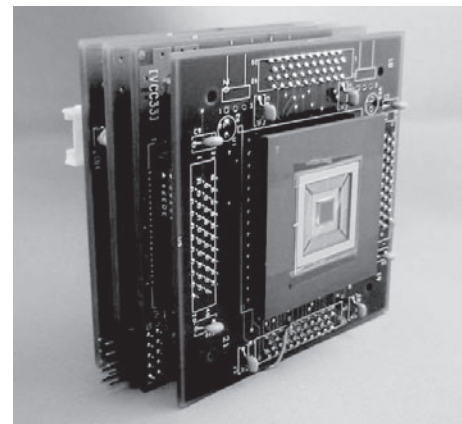


図 1 ビジョンチップシステム

案内ロボットや自動券売機などの機器に対し、ジェスチャーで指示を与えられるようにすることを目的に、人間の指先の三次元位置を計測する実験を行った。高速ビジョンを用いることで、人間の素早い動きやわずかな動きも捉えることが可能となり、ジェスチャーの認識精度を向上させることができると期待される。また、センサ内で画像処理まで行うので、CPU に負担をかけることなく、高速な視覚処理が実現される。安価で簡便なシステムを目標とし、今回は単眼での計測を行った。奥行き情報の取得には、手の甲の面積と見えている指の長さを利用した。手の甲と指の分離は縮退・膨張などのモルフォロジー処理を用いて行った。図 2 に実験の様子を示す。画面の左側に映っているのが、二値化された手指の画像、画面の右側に映っているのが切り出された指のみの画像である。図から、指の領域が正しく切り出されていることがわかる。

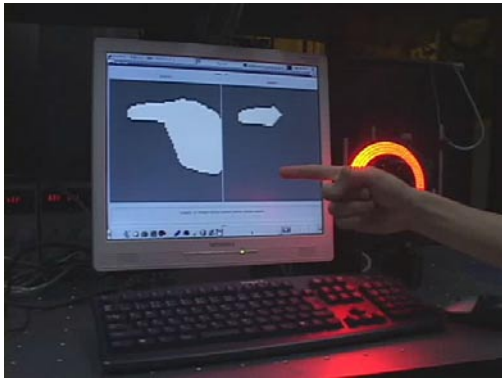
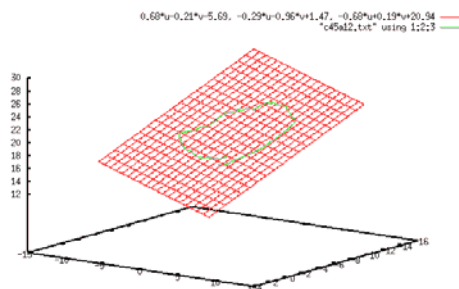
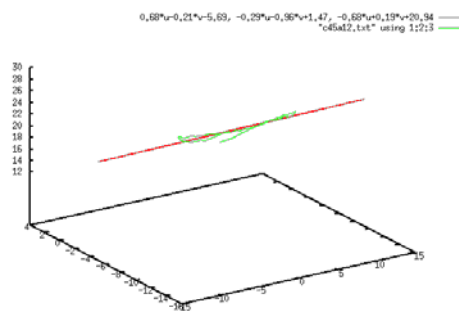


図 2 単眼指先計測

人間がジェスチャーとして空中で文字や記号を描くとき、 $\square$ 常それは仮想的な平 $\square$ に対して行われる。したがって、得られる指先の三次元の軌跡は同一平 $\square$ 上にあると仮定できる。そこで、得られた軌跡に対して主成分分析を用いることで、その平 $\square$ を特定したところ、図 3 に示すとおり軌跡がほぼ平 $\square$ 上に乗っていることがわかった。



(a)



(b)

図 3 計測実験結果

さらに、求めた平 $\square$ に軌跡を射影することで、どの平 $\square$ に描いたかに関係なく、描いた図形の形状を得ることができた。この手法を用いれば、人間がどこにカメラがあるかを意識しなくてもジェスチャーを与えることが可能となる。

別のタスクとして、人間の手をトラッキングし、その二次元軌跡を求める実験を行った。 $\square$ 常、物体のトラッキングには色や形状、パターンなどの情報が利用されるが、ビジョンチップでは、 $\square$ レートで情報が得られる一方で、利用できる情報はかなり限定されている。

一方、従来ビジョンチップで用いられてきた領域の時空間的、 $\square$ 続性のみを用いたアルゴリズムでは、背景や他物体との接触に弱いなどの欠点があった。

そこで今回、ビジョンチップで扱いやすい二値化された画像を用いつつ、背景などの外乱にも強いトラッキングのアルゴリズムを提案した。

提案アルゴリズムでは、対象の $\square$ 動モデルを仮定し、カルマンフィルタを用いて量子化誤差などの観測ノイズ成分を除去するとともに、背景との衝突を検出すると、カルマンフィルタのパラメータのうち、観測ノイズの分散を大きく取ることで、 $\square$ 動モデルからの予測を重視した推定値が得られる。

提案アルゴリズムを $\square$ カメラで撮像した画像に対して適用した例である。(a)(b)は1/1000秒枚に本アルゴリズムを適用した例であり、手の交差・衝突に対して正しく認識している。(c)は1/30秒毎にアルゴリズムを適用した例であり、手の衝突が交差と誤って認識されていることがわかる。この結果から、 $\square$ フレームレートの情報を利用することで、 $\square$ 度・加 $\square$ 度などの $\square$ 動パラメータが $\square$ 精度で推定され、背景と接触して一部の情報が欠落しても正しく補完することができると示された。

さらに、本アルゴリズムを前 $\square$ のビジョンチップに実装し、リアルタイムの動作を確認した。現時点では、解像度などの関係で、単体では実用的な性能を出すことは $\square$ しいが、アクティブビジョンとの併用により、十分実用でも利用できると思われる。

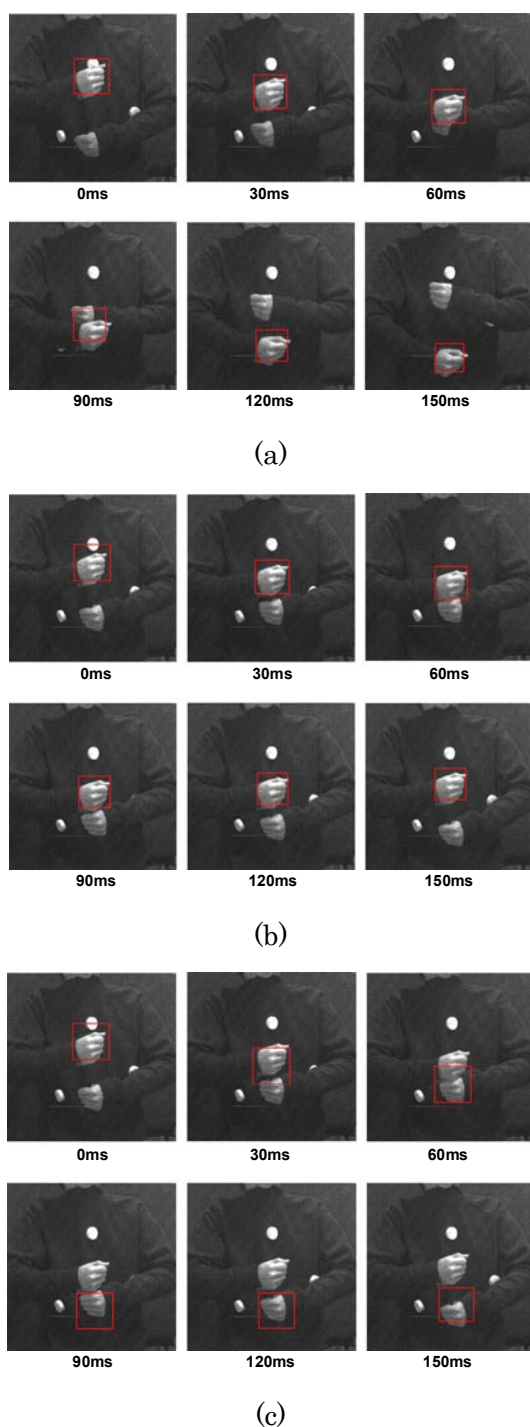


図 4 トラッキング実験

3 ビジョンチップシステムの小型化とウェアラブルマンマシンインターフェース

ビジョンチップの利点として 小型軽量なシステムが構築可能であることが挙げられる そこで

その利点を追求した新しい「」ビジョンシステムを民「」企業と共同で「」発した 図 5 に写真を表 1 にスペックを示す



図 5 小型化された「」ビジョンシステム

表 1 小型「」ビジョンシステムのスペック

画素数「」PE数「」	1,536 (48×32)
「」「」「」「」「」「」セ	49 μm×49 μm
「」「」「」「」「」「」セ	1.568mm×2.352mm (1/6型相当)
外形寸法	13.4mm 幅「」×14.3mm 高さ「」 ×7.4mm 奥行き「」
電源電圧	3.3V
標準動作周波数	4MHz
消費電流	typ. 5.0mA

本ビジョンシステムは 従来のビジョンチップシステムから 機能を限定することで 回路量を減らしている

本ビジョンシステムの利点を生かして 人「」が身に付けられるほどの小型・軽量なマンマシンインターフェースシステムをいくつか作成した

一つは 人「」の目の動きをトラッキングすることで 視線方向やまばたきなどを入力とするインターフェースシステムである 図 6 にシステムの写真 図 7 に画「」 図 8 に測定結果を示す ビジョンチップの「」性を生かして サッケードやまばたきなどの「」常のカメラでは取得できない「」な動きにも対応している

もう一つは カメラ自身をインターフェースに見立て その位置姿勢を入力とするものである

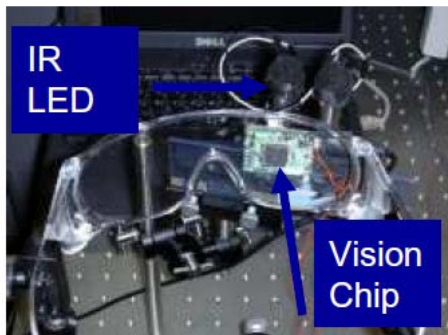


図 6 開発したアイトラッカーシステム

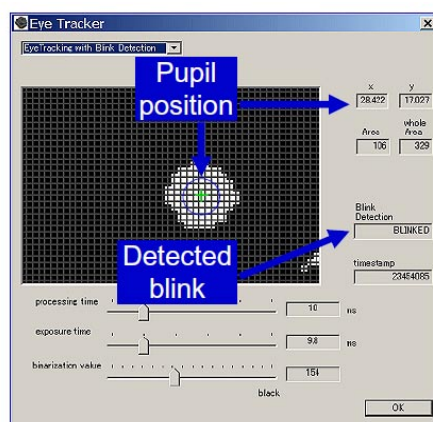


図 7 アイトラッカーシステムの画面

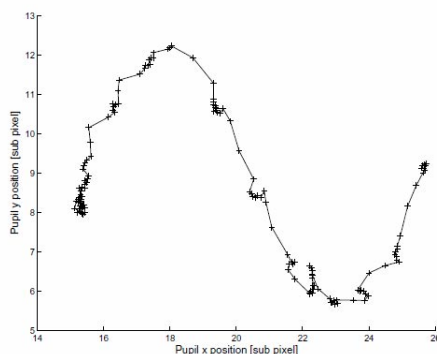


図 8 アイトラッキング測定結果

カメラに映る画像の特徴点の動きから カメラの三次元位置姿勢が求められることはよく知られている。今回は簡単のため 撮像対象としてマーカーを与え その重心の動きから三次元位置姿勢を計算した。

小型化されたビジョンチップは 解像度が 48×32 と極めて低いため そのままでは量子化誤差

が大きく乗ってしまう。そこで拡張カルマンフィルタを併用することで 時間方向に密な情報を用いて量子化誤差の影響を抑え 精度な計測ができるようにした。図 9 に実験の様子を 図 10 に取得した位置姿勢の軌跡を示す。

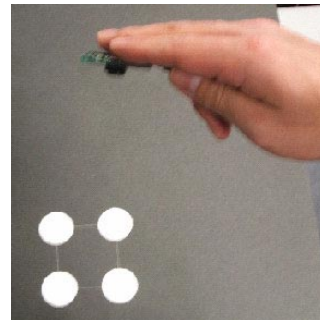


図 9 六次元入力コントローラ

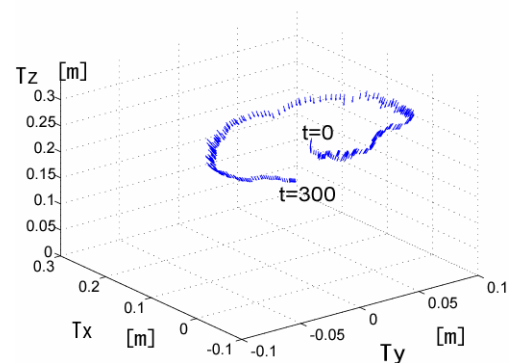


図 10 取得した軌跡

4 おわりに

ビジョンチップを用いた動作計測やマンマシンインターフェースの検討結果を示した。それにより、
・・・ビジョンが従来示されてきた機械制御
応用だけでなく 人物動作の計測といったより身
・な応用にも有用であることが示された。

参考文献

- [1] 鏡慎吾, 小室孝, 渡・義浩, 石川正俊: ビジョンチップを用いた実時間視覚処理システム VCS-IV, 子情報・信学会論文誌 (D-I), Vol. J88-D-I, No.2, pp.134-142 (2005)
- [2] 小室孝, 石川正俊, 石井抱, 吉田淳, 稲田喜昭, 小宮泰宏: 対象・跡ビジョンチップの開発, 計測と制御, Vol. 43, pp. 802-804 (2004)