

論文内容の要旨

論文題目 デジタルビジョンチップのための
 高速実時間視覚情報処理の研究

氏名 石井 抱

デジタルビジョンチップは、並列処理要素と画素毎に直結したものをワンチップ上に集積化することにより、従来の視覚システムにおけるセンサと処理装置間の通信ボトルネックによって生じるリアルタイム処理速度の限界を打破するものであり、従来のビデオ信号(NTSC 30Hz)に従った画像情報では応用に限界があったロボティクスやマルチメディアなどの様々な応用分野で技術革新をもたらす可能性を持つデバイスである。本論文は、このような実世界とコンピュータ世界をよりインタラクティブに結合する新たなコンピュータの眼として設計されたデジタルビジョンチップに対応した高速実時間視覚情報処理の新たな考えを提案するものである。

このようなデジタルビジョンチップの能力を最大限に引き出すためには、その視覚情報処理アルゴリズムに対して、1) 高速リアルタイム性、2) 集積性、3) 汎用性が同時に必要とされる。しかしビデオ信号を暗に前提にした従来の視覚情報処理アルゴリズムの多くは、1) フレームレートの高速化に伴い、画像情報が時間方向に対して冗長になることによる冗長な処理、2) デジタルビジョンチップにおける集積化された画像空間に対応していない処理、3) デジタルビジョンチップシステムを持つ超並列処理ハードウェア構造と不一致な構造をもつアルゴリズムであることが問題となり、デジタルビジョンチップの能力を十分に引き出すことができない。

本論文では、このようなデジタルビジョンチップにおいて高速視覚情報処理を実現可能とするために、デジタルビジョンチップの構造などについて紹介した上で、1) 高速視覚の画像特性に対応した Self Windowing 法、2) 集積化処理構造に対応したビットプレーン特徴分解法、3) 超並列処理構造に対応した視覚情報処理の超並列化法の3つの新たな高速実時間視覚情報処理理論の考えとして提案した。

最初に、デジタルビジョンチップが持つフレーム間の画像変化が微小であるという画像特性を利用した視覚情報処理の考えとして Self Windowing の考えを提案した。この Self Windowing は高速視覚の画像特性を用いることにより、視覚情報処理、特にフレーム内の領域分割処理とフレーム間の対応づけ処理を統合し、処理を単純化する考えである。具体的なアルゴリズムとして、2 値画像に対応した Self Windowing アルゴリズムである Binary Self Windowing、多値画像に対応した Self Windowing アルゴリズムである Gray-Level Self Windowing、Self Windowing の考えを直線パラメータ空間に適用した直線抽出法を提案し、それぞれのアルゴリズムについて、デジタルビジョンチップアーキテクチャ S³PE(Simple and Smart Sensory Processing Element)に対する評価、実行時間及び高速ビデオ画像に対する実験結果を示すことにより、その有効性を示した。

次にデジタルビジョンチップシステムにおける集積化された超並列処理構造に対応した画像特徴量の計算方法の一つとして、線形荷重和の計算を画像空間における超並列演算を抑えたビットプレーン特徴分解法を提案する。具体的には、画像の総和演算に対して加減算が可換であることと、荷重画像はデジタル量の加算表現として表されるという特徴を利用したビットプレーン単位での処理を行うことにより、画像空間における超並列演算を抑えられることを提案した。さらにモーメント量計算について、座標に関する荷重の線形分離性とビットプレーン特徴分解の考えを用いて計算することにより、荷重の記憶領域及び計算時におけるテンポラリ記憶領域を最小限に抑えつつ、デジタルビジョンチップシステム上で高速に計算可能となることを論じた。また、実際にモーメント量に基づいた様々な画像特徴量が S³PE アーキテクチャ上で画像空間における記憶空間での処理を抑えつつ、 μs オーダーでの処理速度でこれらの特徴量が計算できることを示した。

最後にデジタルビジョンチップシステムの超並列処理構造上にアルゴリズムを実装する上で問題となるハードウェア構造とアルゴリズム構造における異構造性について議論を行った上で、視覚情報処理を一般に次元数の高い画像空間上での超並列処理に変換する視覚情報処理の超並列化の考えを提案した。このような超並列処理の考えに基づき、超並列化 Self Windowing (MPSW 法) の考えを提案し、その有効性を示すために MPSW 法によるインデックス情報保持機能を用いた動画像における対象検索アルゴリズム、及びモデルマッチング計算の超並列化を挙げ、議論を行った。さらにこれらのアルゴリズムについて、S³PE アーキテクチャ上で μs オーダーでの処理が可能であることを示し、シミュレーションにより提案するアルゴリズムが正しく動作することを検証した。