

GPUを用いた視覚の誘導場算出の高速化

松葉 俊[†] 粟井 修司[†] 粟野 直之[†] 小堀 研一[†]大阪工業大学[†]

1. はじめに

視覚の誘導場^[1] (以下, 誘導場) という人間の視知覚現象を説明する心理学的概念が存在する. 誘導場は, 文字や図形などの周辺に静電場のような場が形成されていると仮定したものである. この場の分布の特徴から, 図形の類似性を決める指標や, 文字や図形の印象の強さ, 配置のバランスの良さなどの評価を定量化できる. この心理学的概念を工学的に応用するためにデジタル画像での算出モデル^[2]も提案されている. しかし, この算出モデルは, 処理コストが膨大である問題がある. そこで, 本研究ではこの算出モデルをもとに, 誘導場算出の高速化手法を提案する. 提案手法ではGPUの描画機能と並列演算機能を用いることで, 効率的に誘導場を算出する方法を提案する.

2. 誘導場の算出モデル

誘導場は白画素を背景とし, 黒画素を図形などの前景とした2値のデジタル画像を入力として, 白画素に対して誘導場の値を求める. 図2.1を用いて誘導場の算出手順について説明する. 同図(a)の注目白画素の誘導場の値を算出する場合, 同図(b)のようにすべての黒画素に対してベクトルを生成し, 同図(c)のように可視の黒画素を求める. ここで, 可視の定義について説明する. ある画素に注目したとき, その画素からある黒画素に対するベクトルを生成し, そのベクトル上に他の黒画素が存在しない場合, その黒画素は可視となる. そして, 式(2.1)を用いることで誘導場の値 M_p を求める. ここで, r は可視の黒画素までの距離, n は可視の黒画素の数である. 以上の処理をすべての白画素に対して行うことで誘導場の分布を算出することができる. 図2.2(a)のデジタル画像での誘導場を同図(b)に示す. 誘導場の値は白いほど強く, 黒いほど弱いことを表している.

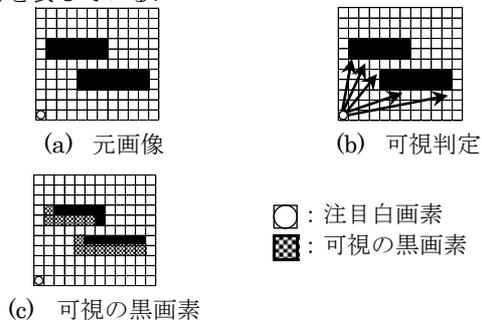


図 2.1 誘導場の算出

$$M_p = \frac{1}{n} \sum_i^n \frac{1}{r_i} \quad (2.1)$$

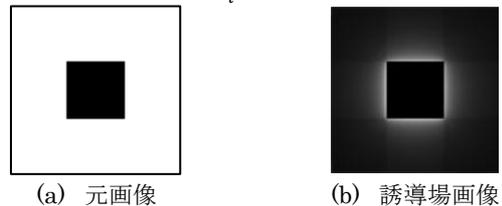


図 2.2 デジタル画像での誘導場

3. 誘導場算出の高速化

3.1. 概要

従来の算出モデルでは, 白画素に注目して可視の黒画素を求めているが, 提案手法では, 黒画素に注目して可視の白画素を求めるようにする. この可視の判定を行う際に, 注目黒画素から可視となる黒画素を求める. そして, 注目黒画素と可視の黒画素を用い, 図 3.1 の不可視領域となるポリゴンを生成し, 描画することによって, 可視領域を判別する. また, これらを GPU で効率的に実現できるようにする. 3.2 節で不可視領域を描画して可視の白画素を判定する方法を説明し, 3.3 節で可視と判定された白画素に対して距離にもとづいた計算を行い, 誘導場を算出する方法を説明する.

3.2. 可視の白画素判定

提案手法では, 図 3.1 に示すような注目黒画素から他の黒画素それぞれが作る不可視領域となるポリゴンを生成してテクスチャメモリに描画し, 描画されなかった画素を可視の白画素と判定する. このように判定を行うための不可視領域の生成方法を同図を用いて説明する. まず, 注目黒画素から他の黒画素を正方形とみなした時の4頂点に向かう4ベクトルを考え, なす角が最大となる2ベクトルを選択する. この選択された2ベクトルを成す黒画素の2頂点 V_1, V_2 と, 同じくベクトル上に存在し画像の十分外にある頂点 A_1, A_2 を用いて, 四角形 $V_1V_2A_2A_1$ を生成して描画することで, 不可視領域を求める.

ここで, 注目黒画素は1画素分の面積を持つため, 1画素を正方形とみなした時の4頂点のすべてから不可視である画素の場合のみ, その画素を不可視と判定する. そのための不可視領域の描画方法を図 3.2 を用いて説明する. まず, 同図(a)~(d)に示すように注目黒画素それぞれの頂点から不可視領域となるポリゴンを生成して描画する. その際, 各々の結果を画素のカラー値であるRGBAに格納しておく. そして, 4つの共通領域を求めることで, 注目黒画素の不可視領域とする.

A Fast Method for Calculating Induction Field on Vision using GPU

Shun Matsuba[†], Shuji Awai[†], Naoyuki Awano[†], Ken-ichi Kobori[†][†]Osaka Institute of Technology

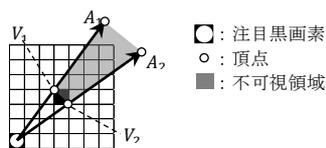


図 3.1 不可視領域の描画

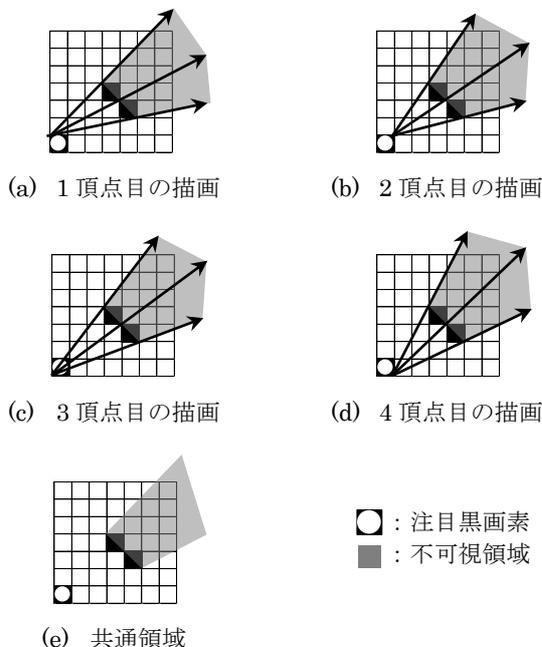


図 3.2 4 頂点からの描画例とその共通領域

同図では注目黒画素の 4 頂点と他の黒画素を用いて V_1 や V_2 を生成しているが、各々の位置関係からこれらをパターン化できる。そこで、これらをパターン化したテーブルをあらかじめ作成し、計算効率を高める。

テーブル化するため、処理対象画素から見た注目黒画素の位置のパターンと、処理対象画素の 8 近傍に存在する黒画素のパターンの組み合わせにより決定する。例えば、これらのパターンが図 3.3 のような場合において、 V_1 と V_2 は同図に示すようになり、 V_1 と V_2 の値をテーブルに登録する。このテーブルには、処理対象画素の 8 近傍の白黒パターンである 256 パターンと、注目黒画素の位置として同図の灰色の直線を境界とする 8 領域とその境界線上の 16 パターンの組み合わせが存在するため、 256×16 パターンがテーブルに登録されることになる。

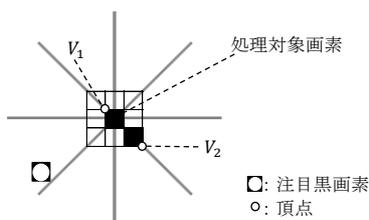


図 3.3 領域の描画のための頂点

3.3. 誘導場の算出

前節までの処理によって可視となる白画素を判定し、それら全てに対して注目黒画素からの距離の逆数を求める。これを全黒画素を注目黒画素として適用して加算することで、全ての白画素には可視となる全ての黒画素までの距離の逆数の総和が格納されていることになる。これにより式(2.1)で算出される誘導場の値を算出する。

4. 実験と考察

提案手法の有効性を検証するために従来手法との処理時間の比較実験を行う。なお、従来手法は 2 章で説明した誘導場の算出手順とする。実験に用いた画像は図 2.2(a)であり、同図(a)の画像を異なる解像度ごとに用意したものを入力画像とする。表 4.1 に実験環境を示し、結果を図 4.1 に示す。

表 4.1 実験環境

CPU	Core i7-3770K 3.5GHz
RAM	8.0GB
GPU	GeForce GTX680
VRAM	2,048MB

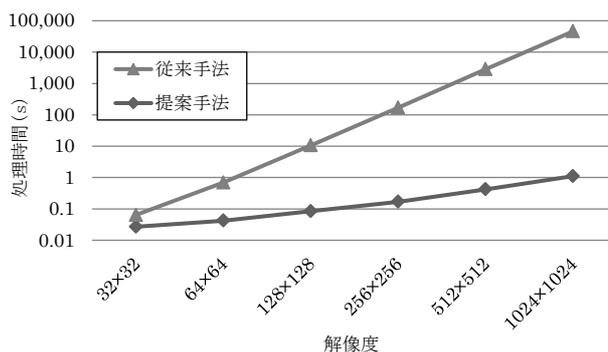


図 4.1 処理時間の比較

同図中の従来手法に注目すると、高解像度の画像においては、誘導場算出に膨大な処理時間を要している。しかし、提案手法によって計算コストを軽減させることで、従来手法の処理時間の 1%未満まで低減させ、高速化が実現されていることがわかる。

5. おわりに

本研究では、GPU を用いた誘導場算出を高速化する手法を提案した。実験の結果、従来手法より大幅な時間削減ができており、提案手法による高速化を確認できた。

参考文献

[1] 横瀬善正, 視知覚と場, 現代数学, Vol.3, No.4, pp.16-22,1970.
 [2] 長石道博, “視覚の誘導場モデルによる文字パターン認識の研究”, 豊橋技術科学大学博士論文, 2000.