Title	距離変換の一般化に関する研究
Author(s)	野木, 慶太
Citation	
Issue Date	2009-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/8142
Rights	
Description	Supervisor:浅野　哲夫教授，情報科学研究科，修士

距離変換の一般化に関する研究

野木 慶太 (0710055)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2009 年 2 月 5 日

キーワード: アルゴリズム，距離変換.

0,1 からなる 2 値行列が与えられたとする．距離変換とは，各 0 要素から見たとき，最も近い 1 要素までの距離を求める問題である．この問題は，さまざまな距離に対して考えられてきた．距離の例として，ユークリッド距離，マンハッタン距離及び L_∞ 距離があげられる．特に，ユークリッド距離は画像処理に対して用いられる最も自然な距離である．そのため，2 値画像に対するユークリッド距離変換はコンピュータビジョンやパターン認識といった画像処理の分野で幅広く応用されている．

距離変換を解くアルゴリズムは，距離によって大きく異なる．マンハッタン距離や L_∞ 距離に対しては，早いうちから効率の良いアルゴリズムが知られていた．しかしながら，ユークリッド距離に対しては，なかなか効率の良いアルゴリズムが求められなかった．ユークリッド距離変換は計算が複雑で処理に時間がかかるためである．そのため，ユークリッド距離変換は，既に効率の良いアルゴリズムが知られていた他の距離で近似されていた。しかし，1995 年と 1996 年に，ユークリッド距離変換を求める効率の良いアルゴリズムが考案された．1995 年に Kirkpatrick らは，ボロノイ図の考え方を用いたアルゴリズムを提案した．また，1996 年に Hirata らによって提案された方法は，放物線の下側エンベロープの計算に還元したものである．この二つの方法は，行列のサイズに比例する時間，すなわち線形時間でユークリッド距離変換を解くアルゴリズムである．このように 2 値画像に対しては，ユークリッド距離変換を線形時間で解くアルゴリズムが知られている．しかしながら，実数値を要素とする行列に関しては，距離変換のような効率の良いアルゴリズムはまだ提案されていない．このため，距離変換を一般化した問題を考える．

要素が実数値であるような行列に対して，距離変換の概念を拡張したものを一般化距離変換ということにする．この問題では，各要素に対して，自分より大きい値を持つ要素を優越要素として定義する．このとき，一般化距離変換は，各要素から最も近い優越要素までの距離を求める問題として定義できる．この一般化距離変換は，与えられた画像に対して対象図形の中心線を得るのに利用することができると考えられる．例えば，地形図の尾根線を求めることを考える．標高が行列の要素として与えられたとき，一般化距離変換を求めることで，尾根線の概形を推測することができる．

本稿では，入力である行列のサイズを $n \times n$ として，一般化距離変換に対する効率のよいアルゴリズムを考える．最も単純なアルゴリズムは，各要素について自分よりも大きい要素を近い順に調べるというものである．しかし，これでは各要素あたり $\mathrm{O}(n^2)$ 個の要素を調べる必要がある．したがって，全体の計算時間は $\mathrm{O}(n^4)$ 時間となる．また，与えられた行列に含まれる要素の値が h 通りであったとする．このとき，各要素の値を閾値と考えて，行列を 2 値化することができる．2 値行列に対する線形時間のアルゴリズムを h 回だけ繰り返すことにより，$\mathrm{O}(hn^2)$ 時間のアルゴリズムが得られる．しかし，繰り返し回数 h は n^2 になる場合があるので，最悪の場合には $\mathrm{O}(n^4)$ 時間かかってしまう．これは行列の要素数の 2 乗に相当する．

本稿では，この最悪時の計算複雑度を改善する．すなわち，2 乗より少ない計算時間の効率的なアルゴリズムを提案する．提案するアルゴリズムは，2 つのステップからなる．

まず，各要素からある距離 k 以内に存在する優越要素を探索する．これにより，大半の要素に対して最も近い優越要素を見つけることができる．しかし，近傍に優越要素が見つからない要素が存在する．このような要素を局所最大要素として定義する．局所最大要素に対しては，別に優越要素を探す必要がある．

次に，行列を $k \times k$ のバケットに分割する．このとき，局所最大要素は必ずバケット内の最大値として現れる．このため，バケット間で最大要素の値を比較すれば，局所最大要素に対する優越要素を含むバケットの集合が得られる．この集合から優越要素を探せばよい．しかしながら，バケットの任意の要素間を比較すると計算時間がかかりすぎることがある．そこで，Hirata の方法を応用し，双対変換を用いて集合内の優越要素を折れ線に変換する．この折れ線は，折れ線と要素の垂直距離を，対応する要素間の距離に変換することができる．これにより，優越要素を探す問題を，最も近い折れ線を求める問題，すなわち下側エンベロープを求める問題に還元することができる．このようにして，最近の優越要素を効率良く求める．また，バケットの分割サイズ k を変更することにより，$\mathrm{O}(n^2\sqrt[3]{n})$ 時間で解くアルゴリズムが得られることも示す．