

描画の時間的性質に基づく手書き線画の分割

4H-8

八木啓介

美濃導彦

池田克夫

京都大学工学部

1 はじめに

回路図や設計図などの図面を対象として線画を意味的なまとまりに分割する研究では、記号として規格化された情報を基に分割を行っている [1]. 従ってスケッチなど規格をもたない一般的な線画を処理することが難しい。

一方最近では、ペンベースコンピュータなど、オンラインで線画を描くことのできる環境が実現されつつある。そこで本研究では、オンラインで描かれた線画の時間的性質を用いて線画理解を行うことを提案する。

2 描画の時間的性質

2.1 描画間隔

スケッチなどの線画を描く過程は、対象の観察と描画の繰り返しである。いまストロークを描く間合い(描画間隔)に着目すると、まとめて描画を行っているときに生じる間合いは、観察によって生じる間合いよりも明らかに小さく、ほぼ一定とみなすことができる。そこで本研究では、描画間隔がほぼ一定であるストローク系列をフェーズとして切り出すことを提案する。

2.2 描画速度

線画には、全体のバランスを考えるための補助線やラフスケッチなどメタレベルの意味まとまりがある。ラフスケッチは、細かな接続関係などよりもストロークの揺らぎを抑えるため、精密描画よりも高速に描かれる。そこで本研究では、描画速度がほぼ一定の区間をもフェーズとしてストローク系列から切り出す。

3 時間的性質に基づくフェーズ分割法

3.1 オンラインデータ

線画は、ストロークデータの系列としてあらわされる。ストロークとは、1回のドラッグで得られるマウスカー

ソルの軌跡のことである。ストロークは、計算機のイベント処理の制約によって折線近似される。この折線を構成する線分をセグメントと呼び、その始点/終点をクリッピングポイントと呼ぶ。クリッピングポイントは、その2次元座標と描画時刻によって表現できる。

3.2 時間間隔

描画間隔の最もシンプルな定義は、ひとつのストロークを描き終えてから次のストロークを描き始めるまでの時間間隔である。いま i 番目のストローク S_i の終点 $p_n^{(S_i)}$ の描画時刻を $t_n^{(S_i)}$ とし、 $i+1$ 番目のストローク S_{i+1} の始点 $p_0^{(S_{i+1})}$ の描画時刻を $t_0^{(S_{i+1})}$ とすると、この間の時間間隔 $lag^{(S_i)}$ を、次式によって定義する。

$$lag^{(S_i)} = t_0^{(S_{i+1})} - t_n^{(S_i)}$$

3.3 移動速度

描画間隔のもうひとつの定義として、描画せずに空中を移動しているペンの速度を考える。時間間隔がペンの移動距離によって変化するのに対し、移動速度は一定の値をとる。いま、 i 番目のストローク S_i の終点 $p_n^{(S_i)}$ の座標を $(x_n^{(S_i)}, y_n^{(S_i)})$ とし、 $i+1$ 番目のストローク S_{i+1} の始点 $p_0^{(S_{i+1})}$ の座標を $(x_0^{(S_{i+1})}, y_0^{(S_{i+1})})$ とすると、この間の移動速度 $jmp^{(S_i)}$ を、次式によって定義する。

$$jmp^{(S_i)} = \frac{\sqrt{(x_0^{(S_{i+1})} - x_n^{(S_i)})^2 + (y_0^{(S_{i+1})} - y_n^{(S_i)})^2}}{t_0^{(S_{i+1})} - t_n^{(S_i)}}$$

3.4 ストローク速度

描画速度の定義のひとつとして、ストローク S_i の平均速度 $str^{(S_i)}$ を次式によって定義する。ただし、ストローク S_i は、 p_0 から p_n まで $n+1$ 個のクリッピングポイントによって張られる n 本のセグメントからなるものとする。

$$str^{(S_i)} = \frac{\sum_{k=1}^n \sqrt{(x_{k-1}^{(S_i)} - x_k^{(S_i)})^2 + (y_{k-1}^{(S_i)} - y_k^{(S_i)})^2}}{t_n^{(S_i)} - t_0^{(S_i)}}$$

3.5 セグメント速度

描画速度は、1本のストロークを描く間にも変化する。そこで、もうひとつの描画速度の定義として、セグメントの速度を用いる。ストローク S_i の k 番目のセグメント $s_k^{(S_i)}$ の描画速度 $seg_k^{(S_i)}$ を、次式で定義する。

$$seg_k^{(S_i)} = \frac{\sqrt{(x_{k-1}^{(S_i)} - x_k^{(S_i)})^2 + (y_{k-1}^{(S_i)} - y_k^{(S_i)})^2}}{t_k^{(S_i)} - t_{k-1}^{(S_i)}}$$

3.6 ヒストグラムと観測粒度

提案手法では、3.2節から3.5節で定義した描画間隔と描画速度のいずれかがほぼ一定の区間をフェーズとしてストローク系列から切り出す。ここでいう「ほぼ一定」とは、描画間隔あるいは描画速度のヒストグラム上で、ひとつのフェーズがひとつの非零区間を成すこととする。

ヒストグラム上の非零区間は、描画間隔や描画速度の観測粒度によって変化する。観測粒度が細くなるほど非零区間は断片化し、フェーズは細くなる。従って、ひとつの線画に含まれるフェーズの個数(フェーズ数)は、観測粒度が細くなるにつれて増加する。この観測粒度に対するフェーズ数の変化をグラフに表し、その2次微係数が負から正に符号変化する観測粒度を抽出する。この近傍ではフェーズ数が安定していることから、抽出された粒度で観測されたヒストグラムの非零区間を基に最終的なフェーズ分割を行う。

4 実験結果

提案手法によるフェーズ分割の結果を図1と図2に示す。グレーの線は線画全体のストロークを表し、黒い線はフェーズを構成するストロークを表している。これらのフェーズは、「人が名づけることのできる意味的なまとまり」という観点からみて、妥当なものとなっている。このことから描画の時間的性質を用いたフェーズ分割法は、記号的な規格をもたない線画を意味的なまとまりに分割する能力があるといえる。

図1で切り出された木々の輪郭は、不連続で曖昧さを含んでいる。図2で切り出された建物は、他の描画対象が重なることによって上下に大きく分割されている。このように規格化が困難な意味的なまとまりを切り出すことについても、提案手法は有効である。

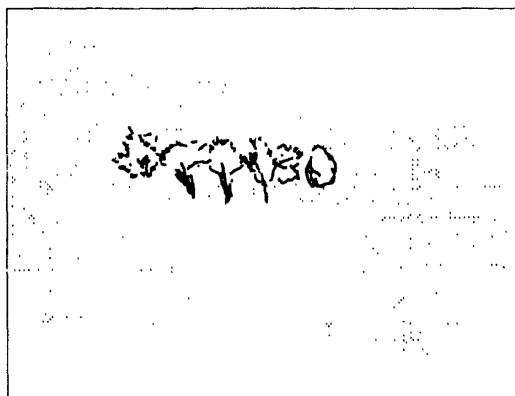


図1: 時間間隔によるフェーズ分割結果.

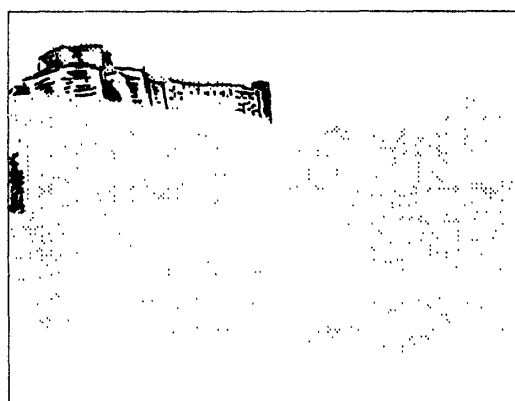


図2: ストローク速度によるフェーズ分割結果.

5 おわりに

本稿では、描画の時間的性質にもとづいて線画を意味的なまとまりに分割する手法について述べた。われわれは時間的性質として、描画間隔あるいは描画速度がフェーズ内でほぼ一定であるという仮説をもうけた。この仮説にもとづく実験の結果は、おおむね良好であった。さらに提案手法は、図形の重なりや曖昧な輪郭表現を含んだ、規格化が困難な意味的なまとまりへの分割にも有効であることが示された。

参考文献

- [1] KANEKO Toru : "Line Structure Extraction from Line-Drawing Images," Pattern Recognition, vol. 25, no. 9, pp.963-973, Sept. 1992.