



(a)



(b)



(c)

図 9:入力画像(a)から生成された鉛筆画(b)と(c).

画像提供 : <http://www.vector.co.jp/soft/data/art/se079521.html>



(a)



(b)

図 10: 入力写真(a)から自動生成された鉛筆画(b).

画像提供 : <http://matsu.pos.to/>

5. まとめと今後の課題

本論文では、LIC法を用いて自動的に2次元画像から鉛筆画を生成するアルゴリズムを提案した。ストロークの方向にそって定義された1次元のフィルタカーネルを用いてホワイトノイズを畳み込むだけで、入力画像のトーン分布に合致した鉛筆画が生成できることが示された。ストロークの方向もテクスチャの方向を考慮して自動的に決定できた。NPRの目的はアーティストに代わるのではなく、特定の描画法の訓練を受けたことのないユーザにも適切な描画ツールを提供することも大きな目的の一つである。この観点からみると、自動的に結果が生成できるかどうかは、NPR技法の有用性を大きく左右する要因であると考えられる。提案手法が利用される可能性のあるフィールドとしては、写真からのポスター制作、ビデオからの鉛筆画風アニメーション制作などが考えられる。

今後の研究課題として、自動生成する画像の品質のさらなる向上があげられる。人間が描く場合は、オブジェクトの位置や重要度、そして表面テクスチャなどに合わせてストロークの太さや長さなど変えながら描画する。我々のシステムでは現在、領域によってストロークの太さや長さを変えることはできない。2次元画像を入力としているため、オブジェクトの奥行きに関する情報や重要度に関する情報を自動抽出することは困難であるが、テクスチャ解析によりテクスチャの粒度を検出し、粒度に合わせてストロークの太さを調整することは可能と思われる。ストロークのスタイルに関してもより進んだモデル化が必要である。トーンの連続変化に加えて、ストロークの形や方向は通常オブジェクトの形状を伝える上で重要である。例えば、球形のオブジェクトであれば、輪郭線にそったストロークで描くのが自然である。そのようなストロークを自動生成する課題は、入力が2次元画像であることを考えるときわめて挑戦的である。Kimらはストロークモーフィングと呼ばれる技術を提案した[23]。彼らのペン画生成法では、ユーザがいくつかのサンプルストロークと配置方向を与え、これをもとにシステムがモーフィ

ングにより描画に必要なストロークを自動生成する。このようにあまり負担になることなくユーザに必要な最小限の情報を入力してもらうことも解決法の一つとして考えられる。我々のシステムでも現在、ユーザが対話的に領域と領域内のストローク方向(一つ)を指定できる。ただし、一つの領域全体が指定された方向で描画されるので、対象物の形状にそった自然な描き方が得られない場合がある。今後はKimらの手法の実装を含め、ユーザの嗜好を簡単に反映できるようにシステムにも改善していく予定である。

もうひとつ困難な課題は、抽象化とフォーカシングの実現である。アーティストは、ありのままにシーンのディテールを描くわけではなく、主題に深く関係したオブジェクトを強調し、不必要な箇所は削ってしまう。そのような抽象化と省略は芸術的メディアを写実的なメディアから差別化する最も重要な特徴である。第3章で述べたように、そのような機能を自動的に実現することは難しい。なぜなら、抽象化と省略に関する客観的な共通規則は知られておらず、それらはアーティストの個性に立脚するものであるからである。しかし、画像処理技術を援用して、最低限の機能支援は行っていきたい。例えば、入力画像の構成と色配分を調査することによって、個別化されたフォーカシングに関する情報を抽出できる可能性も残されている[24]。また、前述したストロークの指定の場合と同様に、負担にならない程度にユーザに情報を入力してもらう方法も考えられる。

謝辞

本稿の執筆にあたり、多くの貴重なコメントをいただいたお茶の水女子大学の藤代一成教授及び査読者の方々に深謝の意を表す。

参考文献

- [1] 大野義夫, 「フォトリアルでないCG画像表現の手法について」, *情報処理学会グラフィクスとCAD研究会*, 95-CG-76, pp.1-7, 1995.
- [2] B. Gooth and A. Gooth, *Non-Photorealistic Rendering*, A K Peters, 2001.

- [3] A. Hertzmann, "Painterly Rendering with Curved Brush Strokes of Multiple Sizes," *SIGGRAPH 98 Conference Proceedings*, pp.453-460, 1998.
- [4] P. Litwinowicz, "Proceeding Images and Video for An Impressionist Effect," *SIGGRAPH97 Conference Proceedings*, pp.407-414, 1997.
- [5] C. J. Curtis, S. E. Anderson, J. E. Seims, Kurt W. Fleischer, and David H. Salesin, "Computer-Generated Watercolor," *SIGGRAPH 97 Conference Proceedings*, pp.421-430, 1997.
- [6] G. Winkerbach, D. H. Salesin, "Computer-Generated Pen-and-Ink Illustration," *SIGGRAPH94 Conference Proceedings*, pp.91-100, 1994.
- [7] Mike Salisbury, Corin Anderson, Dani Lischinski, David H. Salesin: "Scale-Dependent Reproduction of Pen-and-Ink Illustrations", *SIGGRAPH96 Conference Proceedings*, pp.461-468,1996.
- [8] M. P. Salisbury, M. T. Wong, J. F. Hughes, and D. H. Salesin, "Orientable Textures for Image-Based Pen-and-Ink Illustration," *SIGGRAPH 97 Conference Proceedings*, pp.401-406, 1997.
- [9] 旭昌広, 近藤邦雄, 島田静雄, 佐藤尚, 「イラスト作画支援システムの開発」, 第7回 *NICOGRAPH 論文コンテスト論文集*, pp.22-31,1991.
- [10] 近藤邦雄, 神原章, 佐藤尚, 島田静雄, 「レンダリングのための対話型線画表現法」, *図学研究*, No.55,pp.11-15,1992.
- [11] A. KANBARA, K. KONDO, H. SATO, S. SHIMADA, "Interactive Rendering System for Line Drawings by Dot and Line Shading", *Proceedings of CG International'94*, pp.172-179,1994.
- [12] 中川大介, 山口恵介, 藤本忠博, 村岡一信, 千葉則茂, 「濃淡画像からペン画調画像への変換法 - 線描、点描 -」, *画像電子学会誌*, Vol.30,No.4,pp.350-361, 2001.
- [13] S. Takagi, I. Fujishiro and M. Nakajima, "Volumetric Modeling of Colored Pencil Drawing," *Pacific Graphics '99 Conference Proceedings*, pp. 250-258, 1999.
- [14] 高木佐恵子,藤代一成, 「水溶性色えんぴつ画における加水効果のCGモデリング」, *情報処理学会グラフィクスとCAD研究会*, 96-CG-80-6, pp.25-32, 1996.
- [15] M.C.Sousa and J.W.Buchanan, "Observational Model of Blenders and Erasers in Computer-Generated Pencil Rendering," *Graphics Interface '99 Conference Proceedings*, pp.157-166, 1999.
- [16] M.C.Sousa and J.W.Buchanan, "Computer-Generated Graphite Pencil Rendering of 3D Polygonal Models," *EUROGRAPHICS '99 Conference Proceedings*, pp.195-207, 1999.
- [17] A. H. Vermeulen and P. P. Tanner, "PencilSketch — A Pencil-Based Paint System," *Graphics Interface '89 Conference Proceedings*, pp.138-143, 1989.
- [18] B. Cabral and C. Leedom, "Imaging Vector Field Using Line Integral Convolution," *SIGGRAPH93 Conference Proceeding*, pp.263-270, 1993.
- [19] 齋藤 豪,中嶋 正之, 「計算機による手描き風画像の自動生成に関する研究」, *テレビジョン学会誌*, Vol.50, No.10, pp.1528-1535, 1996.
- [20] A.L. Gupstill, *Rendering in Pencil*, Watson-Gupstill Publications Inc., New York, 1977.
- [21] 田村 秀行(編), *コンピュータ画像処理入門*, 総研出版, 1984.
- [22] フォーラム 11: 入門シリーズ編, *鉛筆アート*, 遊友出版, 1998.
- [23] Hey-Sun Kim, Hee-Jeong Jin, Young-Jung Yu, Hwan-Gue Cho, "Creating pen-and-ink illustration using stroke morphing method", *Proceedings of Computer Graphics International 2001*.
- [24] 近藤 邦雄, *プライベートコミュニケーション*, 2001年2月.