

複数立体スケッチの組み合わせによる空間再構成の試み

友広 歩李^{1,a)} 角 康之^{1,b)}

概要：スケッチは観察により得た情報の記録，共有，アイディアの表現や発想のための強力な手法の方法のひとつである。我々は既に，実世界の凹凸面をキャンパスに見立て描いたスケッチをインタラクティブに見返すことのできるスケッチツールを提案してきた。しかし，単一視点からのスケッチでは隠れた部分の情報の欠落やセンサの有効範囲外はキャプチャできないといった制約があった。そこで，複数のスケッチを合成し仮想的に対象オブジェや空間を再構築することで，一つのスケッチの中に複数視点からの観察結果を反映したり，広い空間を再現し中を歩くような鑑賞体験が可能となると考えた。また複数スケッチを複数人によるスケッチに置き換えることで，ユーザ同士のアイディアや気づきを直感的に交換することや簡易的な三次元仮想空間のプロトタイピングも可能であると考えた。本論文ではこれまでに作成した複数スケッチ，および複数ユーザによるスケッチの具体例やそれらのスケッチで可能となる視点変化や新しい表現について紹介する。

Reconstruction of scene from multiple sketches

AYURI TOMOHIRO^{1,a)} YASUYUKI SUMI^{1,b)}

1. はじめに

スケッチは観察により得た情報の記録，共有，アイディアの表現や発想のための強力な手法の方法のひとつである。我々は，これまでに描画対象や空間の三次元構造をインタラクティブに見返すことを可能としたスケッチツールを提案してきたねらいは，2次元の手描きスケッチでは表現しにくいものの立体構造に対する気付きを得やすくすることにある。これまでは単一視点からのスケッチでは見えない部分の情報の欠落やセンサの有効範囲外は取得できないといった制約があった。しかし，複数のスケッチを合成し仮想的に対象オブジェや空間を再構築することができれば，一つのスケッチの中に複数視点からの観察結果を反映したり，スケッチ空間の中で描き手が見たように空間を見て歩き回るような鑑賞体験が可能となる。最新のプロトタイプシステムではいくつかの三次元スケッチを半自動的に合成し一つの空間やオブジェクトを表現できるように拡張

した。単一ユーザによるスケッチの合成だけでなく，複数人によるスケッチの合成ができればユーザ同士のアイディアや気づきを直感的に交換することや簡易的な三次元仮想空間のプロトタイピングも可能であると考えた。本論文ではこれまでに作成した複数スケッチ，および複数ユーザによるスケッチの具体例やそれらのスケッチで可能となる視点変化や新しい表現について紹介する。

2. 関連研究

スケッチは目の前の情景や物体に関する記録だけでなく，頭の中に思いついたオブジェクトや空間構成に関するアイデアを表現するために日常的に使われる手段である。

3次元形状モデリングの手段としてスケッチに着目した研究においては，ユーザが描いた輪郭線や切断線から3次元形状を推定する手法が数多く提案されてきた [1], [2], [3]。また，面上に描かれた陰影表現から面の凹凸形状を推定する手法も提案されている [4]。これらは，スケッチから3次元形状を推定するものであり，アイデアを迅速かつインタラクティブに表現できるが，ユーザごとの描き味や個性を表現として残すことは目的とされていない。

¹ 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate, Hokkaido 041-8655, Japan

a) a-tomohiro@sumilab.org

b) sumi@acm.org

3次元モデル上にユーザのスケッチをレンダリングすることで、ユーザの描き味を尊重した3次元CGモデリングを可能とする手法も提案されている[5], [6], [7], [8]。本論文で提案するシステムも3次元形状のある仮想的な面にスケッチするシステムであるが、上記の研究で扱われていたような厳密な3次元モデルではなく、深度センサから得られる凹凸面をキャンパスとする。

また、複数の二次元手書きスケッチを用いて仮想空間を構成するツール[9]も提案されている。こちらは基本的にユーザの想像の世界をインタラクティブなCG空間にするものであるのに対し、我々のシステムでは目の前に実在する世界をシステム内に取り込み再構築を試みている点で異なる。

3. 複数スケッチの合成結果と閲覧体験

複数のスケッチを用いることで二次元のスケッチでは表現できなかったような空間の拡張や時間変化を持つ構造の再構成が可能になっただけでなく、複数の視点を融合した表現が可能になった。また、複数のユーザがシステムを通じて協力して一つの対象や議論に取り組むことを可能にした。このことはお互いのスケッチが見えることで視点や考えの違いに気づくだけでなく、スケッチを通じて議論しその結果を反映したスケッチを残すということも可能とした。我々は複数のスケッチおよびユーザによる表現に焦点を当て、これまでのスケッチ例を参考に、可能となりうる事例について以下のようにまとめた。

- 単一ユーザによる複数スケッチの合成
 - 複数視点によるスケッチの補完
 - 空間の広がり再現
 - 時間変化を持つスケッチを用いた三次元アニメーション
- 複数ユーザの協調的なスケッチ
 - 同一モチーフを協調的に描くスケッチ
 - 異なる視点から空間を立ち上げてゆくスケッチ

本章では、上記の事例のうちの幾つかについて具体的なスケッチ例を交えて紹介する。

3.1 複数視点によるスケッチの補完

図1は二枚のスケッチから成る仮想的な三次元オブジェクトの再構成の例である。この例ではひとつの青色の箱のスケッチを、異なる視点から描いた二枚のスケッチを用いて再現している。一つ目の視点(a)では箱の外側が主に描かれ、二つ目の視点(b)ではもう一方からは見えなかった箱の内側が描かれている。(c-e)は(a)と(b)を合成しスケッチを見る視点を移動しながらキャンパスをキャプチャした結果である。合成を行うことで一視点からは見えなかった部分を補い、ひとつのスケッチよりも立体的で詳細な表現ができていることがわかる。

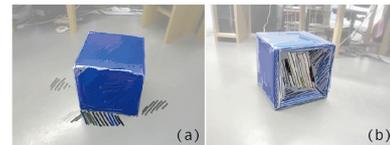


図1 (a-b)異なる視点から別々に描かれた二枚のスケッチ
(c-d)合成されたスケッチを視点を移動しながら見た様子

3.2 仮想三次元空間の再構成による空間の広がり再現

図2は二枚のスケッチから成る仮想的な三次元空間の再構築の例である。実空間で広い空間を歩きながらスケッチを行い、そのスケッチを用いてユーザの体験を追体験することができる。この例では建物の廊下を歩きながら描いた2つのスケッチを仮想三次元空間の手前と奥に配置しており、その中をウォークスルーしながら見て回ることができるようになった。実世界での空間の広がりや視点移動を、スケッチを合成することで再現することができる。

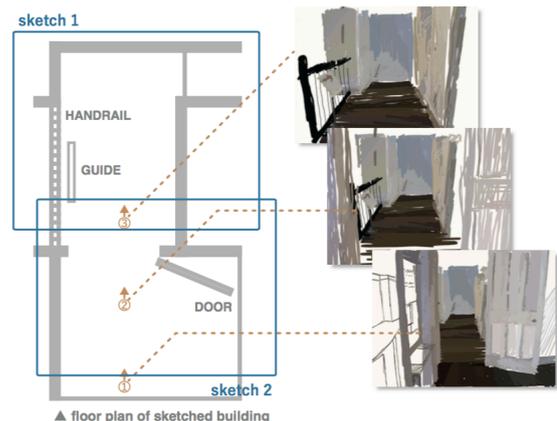


図2 二枚のスケッチから仮想的に三次元空間を構築した例。図の左側は実際にスケッチを行った空間の概要と二枚のスケッチの撮影時の位置関係、右側はウォークスルー中のスケッチ空間をキャプチャしたものである。

3.3 時間変化を持つスケッチを用いた三次元アニメーション

図3はユーザがインタラクティブに見返すことのできる立体アニメーション表現の試みである。このアニメーションは三次元のスケッチから成っているので、ユーザは様々な視点から描かれた時間変化やポーズを確認することができる。このスケッチアニメーションは時間的な変化のある対象の動きを描いた三枚のスケッチ(図3a-c)から成っており、パラパラ漫画のようにa, b, c, b, a...と切り替えながら表示することでアニメーションとして表現している。少ないスケッチで現実の動きや時間的な変化を再現するこ

とができ、一視点方向からでは確認しきれない奥行き方向への動きも見返すことができる。



図 3 アニメーションを再生しながら視点を移動した例



図 4 アニメーションの基となる三枚のスケッチ

3.4 複数ユーザの協調的なスケッチ

これまでに紹介してきた複数スケッチの合成例は一人のユーザによるものであったが、この表現方法は複数のユーザによる協調的な創作にも応用することができる。図 5 は三人の異なるユーザによる別視点から描かれたスケッチ同士の合成例である。(a-c) が元となる三人のスケッチであり、この図ではスケッチ同士は合成されず独立に表示されている。(d-f) は(a-c)の合成結果であり、それぞれのスタイルが混ざり合った立体的な石膏像を空間の中に描き出しているのがわかる。このスケッチ体験では、実際にはユーザ同士のスケッチがリアルタイムにキャンバス上で共有される。視点やタッチの異なるスケッチがキャンバスに飛び込んでくることで、同じ対象を描いていても異なる各自の着目点の違いを確認したり、アイデアや気づきを議論しその結果を直接キャンバス上に残すことができる。

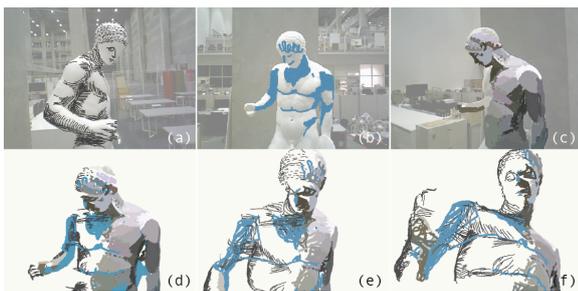


図 5 (a-b)異なる視点から別々に描かれた三枚のスケッチ
(c-d)合成されたスケッチを視点を移動しながら見た様子

4. まとめと展望

我々はこれまでに描いたスケッチを立体化し仮想的に視点移動することでインタラクティブに立体構造を確認することが可能なスケッチシステムを提案してきた。本論文では複数のスケッチを組み合わせることで空間的な広がりや時間的な変化を持つスケッチの表現例を紹介し、また、複数人によるスケッチを可能にすることでユーザ同士のアイ

ディアや気づきを直感的に交換することや簡易的な3次元仮想空間のプロトタイピングの可能性を示した。

今後は、各ユーザが描くスケッチに表現される各自の注目点、見方の違い、対象世界に描きたされたアイデアや気づきを、ユーザ同士が伝え合えるコミュニケーション強化の手段として本システムの利用体験を設計・評価していきたい。現時点では、用意できたシステム端末が少なかつたために複数ユーザに同時に使ってもらおう試用事例が乏しかった。直近の課題として、複数のユーザが同一モチーフを描きながら、アイデアを交換し合い、その議論の結果をスケッチに反映することができるようなワークショップを開催することを考えている。

現在は、複数のユーザの観点や描き方の違いへの気づきを加速するために、同一モチーフを描いた複数のスケッチをシステム上で自動合成する機能の実現に取り組んでいる。複数スケッチの合成を半自動化できれば、複数ユーザの間の気づきを直感的に交換することが容易になるだけでなく、スケッチを使った簡易的な3次元仮想空間のプロトタイピングや、街や施設の共用スペースに対する住民の気づきを共有する空間型の社会メディアの実現にもつながると考える。

参考文献

- [1] Igarashi, T., Matsuoka, S. and Tanaka, H.: Teddy: A sketching interface for 3D freeform design, *Proceedings of SIGGRAPH '99*, ACM, pp. 409–416 (1999).
- [2] Karpenko, O. A. and Hughes, J. F.: SmoothSketch: 3D free-form shapes from complex sketches, *Proceedings of SIGGRAPH '06*, ACM, pp. 589–598 (2006).
- [3] Rivers, A., Durand, F. and Igarashi, T.: 3D modeling with silhouettes, *Proceeding of SIGGRAPH 2010*, ACM, pp. 109:1–109:8 (2010).
- [4] 松田浩一, 鈴木俊博, 静 春樹, 近藤邦雄: スケッチインタプリタシステム: 手描き陰影による3次元形状制御法, *情報処理学会論文誌*, Vol. 44, No. 11, pp. 2547–2555 (2003).
- [5] Mitani, J., Suzuki, H. and Kimura, F.: 3D Sketch: Sketch-based model reconstruction and rendering, *Proceedings of Seventh IFIP WG 5.2 Workshop on Geometric Modeling GEO-7*, Parma, Italy, pp. 85–112 (2000).
- [6] Kalnins, R. D., Markosian, L., Meier, B. J., Kowalski, M. A., Lee, J. C., Davidson, P. L., Webb, M., Hughes, J. F. and Finkelstein, A.: WYSIWYG NPR: Drawing strokes directly on 3D models, *Proceedings of SIGGRAPH '02*, ACM, pp. 755–762 (2002).
- [7] Schmid, J., Senn, M. S., Gross, M. and Sumner, R. W.: OverCoat: An implicit canvas for 3D painting, *Proceedings of SIGGRAPH '11*, ACM, pp. 28:1–28:10 (2011).
- [8] Bae, S.H., Balakrishnan, R. and Singh, K.: ILoveSketch: As-natural-as-possible sketching system for creating 3D curve models, *Proceedings of UIST '08*, ACM, pp.151–160 (2008).
- [9] 鈴木昭弘, 和嶋雅幸, 2D ペイントと Wii リモコンによる直感的 3D お絵かきシステムの開発と研究, *情報システム学会第 4 回全国大会・研究発表大会*, D1-1, 2008.