

でこぼこキャンバスを用いた立体スケッチシステム (2014年9月21日版)

友広 歩李^{1,a)} 角 康之^{1,b)} 松村 耕平^{2,c)}

概要：スケッチはデザイナーの情報記録、共有、そしてアイディアの発想のためのツールとして使用されている。本研究ではタブレット PC とデプス (depth) カメラを用い、空間構造の理解やデザインを促すスケッチインタフェースを開発する。手描きのスケッチに三次元構造を組み合わせ、奥行きをついたスケッチの世界を歩き回ることや、空間内に付箋を貼るようにメモやアイディアを描き加えることが可能となる。対象ユーザは建築デザインやサービスデザインを手がけるデザイナーの人々である。複数人で同じ空間にスケッチを行うことや、スケッチ後の空間が共有でき、情報の記録から活用までを支援するシステムを目指す。

1. はじめに

近年、デザインの対象はプロダクトから UX やサービスなどの経験全体を包括するものへと変化し、ユーザにより注意を払ったデザインが推奨されるようになっていく^{*1}[1]。デザイナーは人々の行動や日常を含めてデザインを考えるために、現場へ赴いて観察し、自らがその行動をユーザとともに体験するということもある。そこで何が起きているかの情報を素早く記録し、あとで見返すこと、あるいはチーム全体でひとりひとりが集めた情報を共有することは何が起きているかを知り、経験を対象としたデザインを進めていくうえで重要なことである。

スケッチはデザイナーがデザインプロセスの中で使うツールの一つである。スケッチとは、自分の見たものや風景、状況など、あるいはまだ実在しない形を表現し、素早く紙の上などに書き留めることをいう。情報の記録、共有、そしてアイディアの発想からそのプロトタイプینگまで、様々な目的で柔軟に活用されている。スケッチは、創造的な解を得るための優れた思考環境であるとも言われている[2]。スケッチは頭の中にはじめからある像を絵の形にすることではなく、描いていく中で意味のある線が生まれ、描くことによってはじめにそこに何がありどんなことが起きているのかを見る行為なのである。スケッチにおいては、表現の

方法はただ見える風景やものをイラストのように描くだけではない。変化する状況を描くための素早さが必要とされるため、文字情報を入れたり一部分を拡大して描いたり、余白に寄せ書きのように描き込んだり、視点を宙に浮かべた俯瞰図にするなど、情報に対して相応しい表現や様々な工夫によって素早く表現することが試みられている。このように描かれたスケッチは、描き手の見たものや考えを直感的に人に伝えるツールとなる。

二次元的なスケッチを描くことと同じように三次元のスケッチが描けるようになれば、スケッチとして残せる情報が増えるだけでなく、チームメンバーがスケッチで描かれた世界に入り探索的に見ることで、状況の理解を促すことができる考えた。三次元のスケッチはアイディア表現においても有用であると考えている。模型によるプロトタイプは製作に時間と手間がかかるため、早い段階では、アイディアはより手軽なラフスケッチで表現される事がある。ラフスケッチを描くことで立体構造も表現する事ができれば、アイディアの表現の質を高めることができるだけでなく、第三者へアイディアについて説明する手助けができる。

本研究では、デザイナーを対象とし、空間構造の理解や新しいデザインを促すスケッチインタフェースを提案する。このシステムでは手描きのスケッチに三次元構造を組み合わせることや、奥行きをついたスケッチの世界を歩き回ることや、空間内にメモやアイディアを描き加えることを可能にする。複数人で同じ空間にスケッチを行うことや、スケッチ後の空間が共有でき、デザインにおける情報の記録から活用までを支援するシステムを目指す。今回は、タブレット PC とデプス (depth) カメラを用いてプロトタイプのスケッチインタフェースを開発した。

¹ 公立はこだて未来大学

² 立命館大学

a) a-tomohiro@sumilab.org

b) sumi@acm.org

c) matsumur@acm.org

*1 http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=52075

2. 関連・先行研究

2.1 スケッチによる創造的な活動支援

手描きのスケッチを入力としたコンピュータ上での創造的な活動の支援の試みには、近藤らによる紙のスケッチブックの絵を CG で拡張し絵の変化を楽しむツール [3] や鈴木らの二次元の複数のスケッチを 3D 空間に配置できるツール [4] などがある。

立体的な構造の表現支援においては閉じたスケッチのストロークから 3D モデルを作成する五十嵐らの Teddy[5]、仮想の三次元空間にスケッチを行える Web サービスとしては Rompola^{*2} やはてなろくろ^{*3} などが公開されてきた。

HMD を利用し目の前の拡張現実空間をキャンバスとして空中にペンで描き、3D モデルの作図を可能にした Gravity^{*4} や BlueGrotto[6] もある。

これらのシステムの多くは、あらかじめ頭の中にある二次元や 3D のイメージを形にすることが得意であり、モノや空間の構造を 3D モデルとして描く事ができる。しかし、3D モデルの作成では、何本も線を引ながらスケッチを行っていく中で意味のある線を見つける、といった描く利点が活かせなくなってしまう。そこで、本研究では、複数のスケッチストロークそのものを三次元空間に配置することで、スケッチのあいまいさを保ったまま表現することが可能になると考える。

2.2 センサを用いたスケッチの拡張

深度センサを用いてスケッチを拡張する研究では、名取らの DepthSketch[7] がある。DepthSketch ではデプス (depth) カメラを用いて深度情報を取得し、ストロークの太さに強弱を付ける事により遠近感を再現し、一枚のスケッチとしての質を高めるものである。

本研究ではスケッチの質は描き手によって状況から切り取られ、記録しようとされていた情報によって決まると考えており、描かれたスケッチ空間の構造の理解を促す事を目的としている。本研究が目指すシステムはスケッチを記録として活用するためのシステムであるといえる。

3. でこぼこキャンバスを用いた立体スケッチシステム

3.1 でこぼこキャンバス

でこぼこキャンバスとは、描こうとしている空間そのものに線を引いたり塗ったりすることができ、でこぼこな面を持つキャンバスのことである。本研究では、実空間の三次元構造をシステム上で再現することで、でこぼこキャンバスを実現している。描き手から実際に見えてい

るものの表面がキャンバスになることで、表面の線や塗りは面に張り付くように描かれる。これにより、一視点からは一枚のスケッチとして描いた通りに見えるが、視点を移動すると面の見え方が変わり、同時に表面の線や塗りも一緒に見え方が変わって二次元的なスケッチを三次元的に見る事が可能になる。

3.2 提案方法

本研究ではタブレット PC とデプス (depth) カメラを組み合わせたシステムを用い、スケッチに描いた空間構造の理解や立体的なラフデザインを促すスケッチインタフェースを開発する (図 1)。手描きのスケッチに描画対象の世界の三次元構造を組み合わせることで、奥行きをついたスケッチの世界を歩き回ることや、回り込み、他の視点からの描き込みが可能になる。

描き手ははじめに深度の取れるデプス (depth) カメラを用いてこれから描く対象の写真を撮影する。ユーザは、スケッチの画面のどこに何を描くのかを写真で大まかに確認し、素早くスケッチを描く。

描いた線は二次元的に見えるが、システム内では撮影時に取得した深度情報をもとにしたでこぼこなキャンバスへ張り付くように配置されており、二次元のスケッチが三次元のスケッチとして表現されている。このスケッチ空間を作る事で、描画中や描画後に空間内へ入って行ったり、新たに情報を描き込む、仮想的なメモや他のスケッチを付箋のように貼付けるといった事が可能になる。

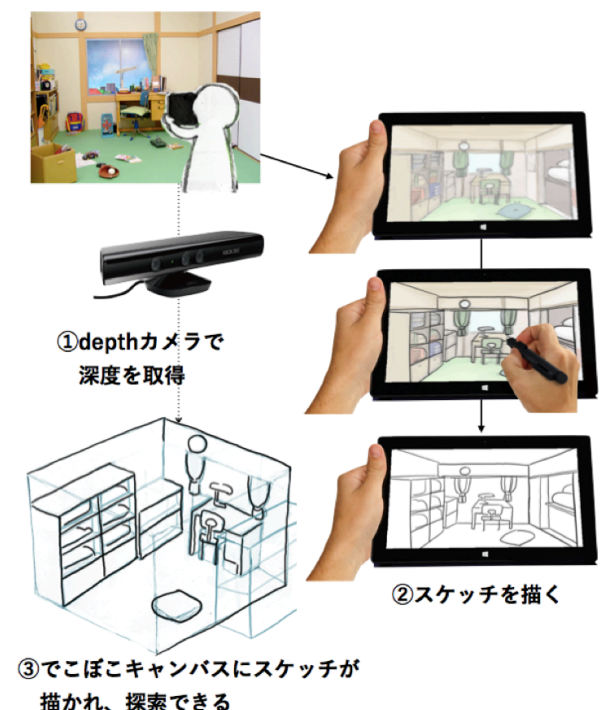


図 1 スケッチシステムの概要

^{*2} <http://rompola.com/>

^{*3} <http://rokuro.hatelabo.jp>

^{*4} <http://gravitysketch.com/>

4. スケッチ空間生成システムの実現環境

4.1 ハードウェア

4.1.1 タブレット PC

プロトタイプシステムではタブレット PC として Microsoft 社の Surface Pro(以下 Surface) を使用した。画面サイズは 10.6 インチ、重さは 903 グラムである。描き手がデプス (depth) カメラと組み合わせた PC を両手で持ちながら自由に歩き回ることや対象の撮影を行うことができる。Surface の画面はタッチスクリーンになっており、デジタルペンが付属している。マウスやタッチによる操作も可能だが、ペンを使うと、紙に書くように手描きのスケッチが行えるため効率的にシステムを利用することが出来るようになる。

4.1.2 センサと深度でできる深度データ

デプス (depth) カメラとして ASUS 社の Xtion PRO LIVE(以下 Xtion) を使用した。このカメラには RGB センサと深度センサが搭載されている。深度センサは赤外線によって対象までの位置を計測できるものであるため、日光の影響を受けない屋内での使用が推奨されている。センサの有効範囲は水平 58°、垂直 45°、対角 70° とされている。センサの有効範囲内にあり、かつ計測できたデータはポイントクラウドデータと呼ばれる三次元の座標を持つ点群として保存でき、本研究ではこのデータを深度データとして使用している。

4.2 ソフトウェア

ソフトウェアの開発には Processing を使用した。Processing は Java ベースで設計された開発言語及び統合開発環境である。Processing 上でデプス (depth) カメラを用いてデータを取得するために、OpenNI、NITE、Simple OpenNI といったライブラリを利用している (図 2)。OpenNI は Kinect や Xtion といったデプスカメラからデータを取得するためのライブラリであり、それらのデータを Processing から使用できるようにするのが Simple OpenNI と NITE である。本研究のプロトタイプシステムでは、Xtion からデプスデータと RGB データを取得するためにこれらのライブラリを使用した。プロトタイプシステムを動かすには Processing と上記のライブラリが PC にインストールされている必要がある。

5. プロトタイプシステム

5.1 スケッチインタフェース

描き手はタッチペンベースで操作を行えるタブレット PC(Microsoft 社 Surface Pro) と RGB センサーと深度センサーのついたデプス (depth) カメラ (ASUS 社 Xtion PRO LIVE) を組み合わせてスケッチを行う (図 3)。スケッチの

描き手はこれから描く対象をカメラで撮影し、撮影した写真へのなぞり描きによってスケッチの描画をはじめる (図 4)。写真をなぞったり、表面を塗ることにより、短時間でも対象物の位置や形、その場の状況などを描くことが可能になる。スケッチにはタブレット PC に対応するタッチペンやマウスを使う事ができる。プロトタイプシステムではスケッチを描く機能の他に、描き終わったスケッチの立体構造を見る機能、書き終わったスケッチを使って新しいスケッチを作る機能を実装した。これらの機能はツールパレットや、キーボード操作により使用することができる。

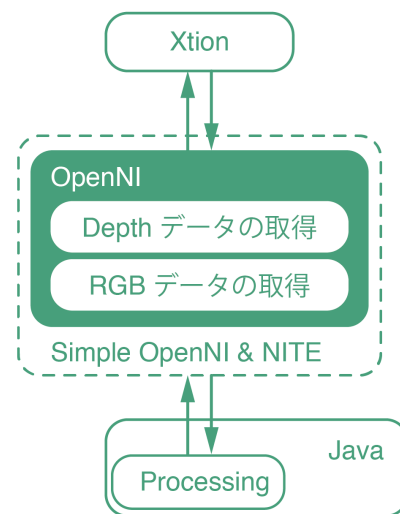


図 2 processing から Xtion を使う際の環境

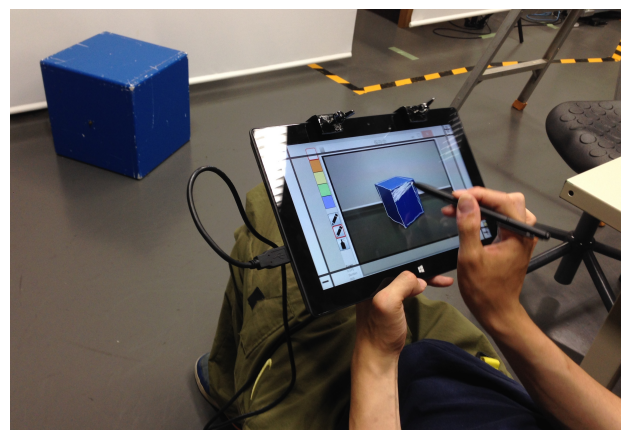


図 3 プロトタイプのスケッチシステム

5.2 スケッチ画面とツールパレット

スケッチインタフェースは (a) スケッチ画面と (b) ツールパレットから成る (図 5)。スケッチ画面は図のスケッチの線の色は初期設定では白になっており、スケッチのキャンバス色は黒となっている。これは、写真に対してなぞり



図 4 写真からスケッチへの遷移

書きをする際に、写真に再現される色は影や光の影響を受け、黒に近い色になる部分はあっても白に近い色になる部分の方が少なく、描いた線が黒よりも引き立つと考えたためである。

ツールパレットはスケッチや写真を表示する画面の左側についているウィンドウを指す。上から順番に、(c) ペン色を選ぶボタン、(d) 二つ以上のスケッチを扱う時に使う軸を選ぶボタン、スケッチに使用するツールを選ぶ5つのボタンを用意している。4つのボタンはそれぞれ(e) ペン、(f) 補正ペン、(g) スプレー、(h) カッター、(i) 深度スポイトがある。5つのツールについては5.3項(4ページ)、二つ以上のスケッチを扱う時に使う軸のボタンについては5.6項(5ページ)で詳しく記述する。

スケッチに使用する色は白とパステルカラーと呼ばれる四色である。パステルカラーは彩度が低く、明るい色の総称である。光の三原色といった彩度の高い光は黒いキャンパスの上ではより引き立って見えるため、目に負荷をかけると考え、黒いキャンパスの上で見えやすく負荷の少ないと思われるパステルカラーから四色を選んだ。

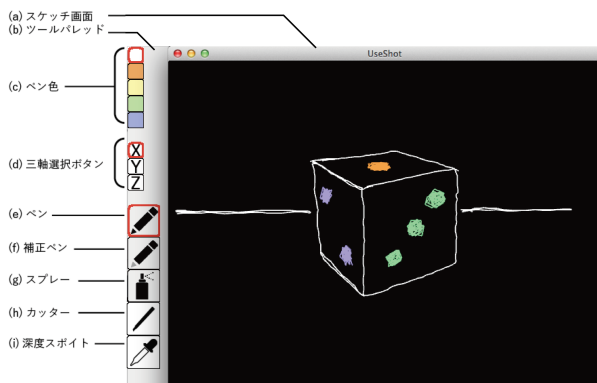


図 5 スケッチシステムの画面とツールパレット

5.3 新規スケッチ操作

新規スケッチ操作は写真を撮影し、写真の上になぞり書きのように手描きでスケッチを描く事で実現される。写真の表示・非表示を切り替えることでスケッチとしての整合性を確認しながら描いていくことが可能である。システム上でスケッチを行うためのツールとして、五種類のツールを実装した。以下で五つのツールについて解説する。

● ペン

- 線を引き出した位置の深度情報に基づいて三次元空間での線の位置を決定するペンツールである(図6)。

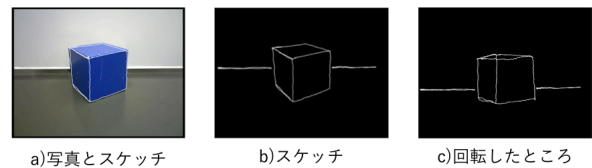


図 6 ペンによるスケッチ

● 補正ペン

- 連続したオブジェクトの面や線を描くことを補助する補正ペンを実装した。補正ペンでは線を描こうとしている位置の深度とそれまで描いていた深度との差の絶対値をとり、一定値を超えた場合に書き込み時の深度を直前の深度に一致させることで、他の深度にまたがって線が描かれる事を避けた。

● スプレー

- スプレーは広い面や塗りを表現するツールである(図7)。スケッチではたくさんの線を重ねることで陰影の濃さや面の表現を行うことがあるが、このツールではスプレーのように点群を用いて深度データを覆うように塗ることで面を表現出来るようにした。不透明な面を作る際にも使用することができる。

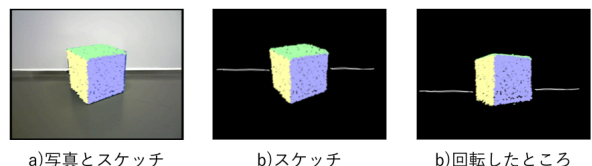


図 7 スプレーによるスケッチ

● 消しゴム

- スケッチの間違いや深度データによる意図しない線のゆれのために引かれた余分な線を消すためのツールである。三次元空間上に線が存在するため、線をこすって消すのではなく、カッターのように線を切る操作で消えるように実装した。

● 深度スポイト

- 隠れてしまったオブジェクトや、風景の深度に依存しないメモ書きでは、実際の深度を無視して任意の深度へ書き込む必要がある。そこで、任意のオブジェクトと同じ深度の値を定数としてスケッチを行う深度スポイトを実装した。同じ深度で描きつづけるオブジェクトに対して引出し線を描き入れ、空中にメモを書くといった使い方が出来る。

5.4 スケッチ空間の探索

スケッチで描かれた空間の中を歩きまわり、スケッチで描かれた空間の構造を理解することができる。また、スケッチ空間内で視点を変えることで、そこで起きた出来事を追体験したり、空間のデザインにおいてラフなプロトタイプをスケッチで描き、検証する、といった事が可能である。

5.5 スケッチ空間の回転

スケッチの描かれた空間を上下左右方向へ回転し、スケッチを異なった視点から見る事ができる。空間の拡大縮小を回転と組み合わせる事で裏側へ回り込むことを可能にした。また、スケッチを他の視点から見ることは、描かれているものの実空間上の位置やそのものの自体の立体的な構造を直感的に示す事ができるようになる (図 8)。

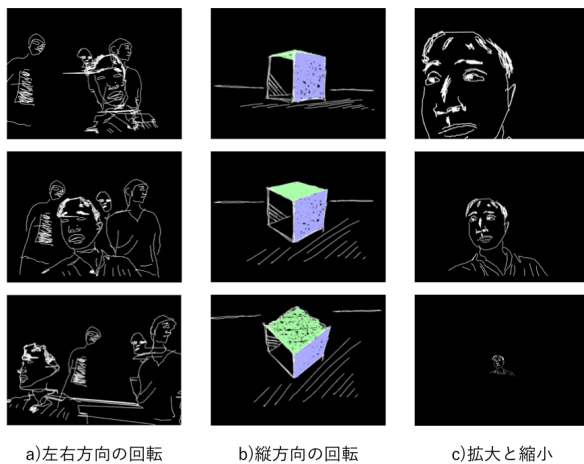
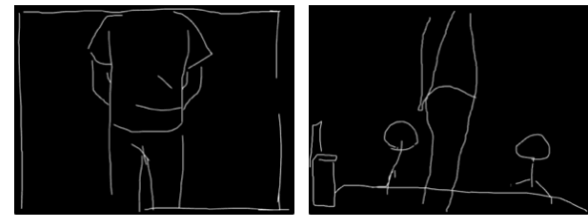


図 8 スケッチの回転と拡大縮小の例

5.6 スケッチ空間及び深度データの合成

2枚のスケッチデータを合成することで1枚のスケッチとして不十分な情報を補い、さらに広い空間の表現や把握をすることができる (図 9)。スケッチできる範囲は写真に映り込む範囲に限定されしまうため、この機能を使うことでより広く沢山の情報を1枚のスケッチに盛り込むことができるようになる。

スケッチの合成では、二枚のスケッチ空間を任意の位置に動かして繋ぎ合わせるために片方のスケッチ空間を移動、回転させる方法を取った。この移動や回転の値は描き手自身が手動で行う必要がある。そこで、ツールパレットに x,y,z のボタンを用意し、どの軸に対して移動を行うかを決定できるようにした。軸を決定した後にキーボードの左右キーによって移動量を決定することができる。また、軸を決定した後に Shift キーを押しながら左右キーを操作することで、軸方向の空間の回転操作を行うことができる。



a) 正面のスケッチ

b) 横向きのスケッチ



c) aとbのスケッチを組み合わせたスケッチ

図 9 スケッチの合成例

6. プロトタイプシステムでの問題点と考察

6.1 ペンによるスケッチ

ペンのみを用いたスケッチの場合、線の位置決定は深度データに完全に依存しているため、データの抜けやブレによって線がゆれてしまう現象が見られた。また、オブジェクトの輪郭線などを描く際に、ある視点から描いたスケッチを他の視点から見ると、手前のオブジェクトと奥のオブジェクトにまたがり線が描かれてしまい、スケッチが崩れてしまう場合があった。例えば、図 8 の (a) 左右方向の回転では、前方に居る人物と後方にいる人物が同じ線にまたがって描かれている。意図した線を描くためには、何度も描き直し、その都度スケッチを回転させて確認する必要がある。この問題は補正ペンを使用することにより線のゆれやスケッチの崩れを抑えることで避ける事ができた。

6.2 スプレーによるスケッチ

線で描かれたスケッチには、面が存在しない。そのため、ある方向から描いたスケッチを回転した時に、手前と奥のオブジェクトの線が重なって表示されたり、輪郭線が歪み、全体として整合性のとれていないスケッチとなってしまう場合がある。プロトタイプシステムでは面の表現をスプレーで行ったことで、面を表現できればスケッチを回転した後でもある程度まで整合性を持ったスケッチが再現できることを確認している。例えば、図 8 の (b) 縦方向の回転

では立方体の内側として斜線や、緑の上面が、回転に伴って青の側面で隠れて見えている。プロトタイプシステムで大きなものや、人間などの柔らかく複雑な対象になるにつれ、スプレーによる再現は困難になると同時に、システムに負荷がかかり動作が重くなってしまったため、表現方法に改良を加える必要がある。

6.3 スケッチの合成

スケッチの合成では、スケッチ同士の位置関係を描き手自身が調節しているが、同じ空間に対して描かれているスケッチならば、深度データの類似点を利用することで自動化し、素早くスケッチ空間を合成していくことが出来ると考えている。また、スケッチの合成機能では、同一空間のスケッチを合成することに利用できるだけでなく、別の時間の同じ場所のスケッチや、時間も場所も全く違う空間を何枚もおなじスケッチ空間に存在するかのように配置するといった使用も可能である。複数枚のスケッチを同じ空間に並べる事で状況の時間変化等の情報を一つのスケッチ空間として生成することが可能になると考えている。

7. おわりに

本研究ではタブレット PC とデプス (depth) カメラを用いることで、素早く立体的なスケッチを描くことができるスケッチインタフェースを開発する。スケッチで描いた空間の中へ入り、探索的に視点を変えることや、メモ等を空間に貼付けることを可能にし、デザイナーの情報の記録から活用までを支援するシステムを目指す。製作したプロトタイプシステムでは立体的なスケッチを描き、スケッチ空間内へ入ってスケッチを見ることができを確認した。

今後の発展としては以下のように考えている。

7.1 スケッチ内での新しい面の表現

実装したスプレー機能は、大きなものや人間などの柔らかく複雑な対象の面の表現には適していない。今後はスプレーの形状、色、密度や濃度を調整し最適な設定を模索するとともに、面の新しい表現方法を実装する。

7.2 複数スケッチの位置合わせの自動化

現在のシステムでは、複数のスケッチ空間をひとつの空間として再構成する場合は同じ空間として矛盾がないように人の手で調整を行っている。今後は、深度データの類似度から自動で位置合わせを行う改良を加え、より素早くスケッチ空間の生成を行うことを可能にする。

7.3 ラフなプロトタイプ作成の支援

デザインにおけるラフなプロトタイピングとしてのスケッチに焦点をあて、活用方法を模索する。例えば、アイデアを表現するためにはスケッチで空間を表現するだけ

でなく、その空間に存在するオブジェクトを余白に描いたり、文字による情報の補完が考えられる。これらの補助情報をスケッチ空間での表現を実現することでアイデアを表現するツールとしてシステムを拡張する。

謝辞 本研究は情報処理推進機構 (IPA) の 2014 年度未踏事業の補助を受けている。

参考文献

- [1] 近藤朗, 近藤尚子: サービス・デザインの方法論に関する考察 (2) 日本デザイン学会第 59 回研究発表大会 (2012)
- [2] 岡本誠: 共有するデザインシンキング, デザイン学研究. 特集号 20(1), 12-15. (2012)
- [3] 近藤菜々子, 水野慎士: スケッチブックでのお絵描きを三次元 CG で拡張する映像ツールの提案とその実現方法, 情報処理学会論文誌 デジタルコンテンツ Vol.1 No.1 1-9. (2013)
- [4] 鈴木昭弘, 和嶋雅幸: 二次元ペイントと 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- (2008)
- [5] Takeo Igarashi, Satoshi Matsuoka, Hidehiko Tanaka : "Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design" ACM SIGGRAPH'99, Los Angeles pp.409-416. (1999)
- [6] 井上智之, 西住直樹, 鈴木伸明, 安福尚文, 佐賀: 仮想空間中での手書き認識に基づいた 3 次元モデリングインターフェース "BlueGrotto" の提案, 電子情報通信学会論文誌 D, pp.1309-1318, Vol.87, No.6. (2004)
- [7] 名取則行, 福地健太郎: DepthSketch: 深度情報を利用してスケッチに遠近感を与える描画手法, 情報処理学会研究報告. HCI, ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告 2014-HCI-157(23), 1-6. (2014)