

一連の3Dスケッチシステム開発より得られた3つのデザイン原則「記憶容量、認知モード、実物大・実操作可能」

田野俊一[†] 山本伸也[†] 岩田満^{††}
Muhd Dzulkhiflee[†] 市野順子[†] 橋山智訓[†]

人間の知的で創造的な活動を支援する高度な情報環境が数多く提案されている。しかし、残念ながら、先端的なメディアシステムが創造性を支援するどころか、逆に阻害する事例が発生している。本研究では、バーチャルリアリティを用いて、目の前の3次元空間に直接スケッチする3Dスケッチシステムを例にとる。立体視を用いた3次元表示は、デザイン支援にとって必須な機能ではなく、人目を引くだけの存在になっている。真に創造性を活性化するシステムのデザイン原則として、「記憶容量、認知モード、実物大・実操作可能」を提案する。

Three Design Principles for Creative 3D Design Support Tool Learned through Developing a Series of 3D Sketch Systems - “Memory Capacity”, “Cognitive Mode”, and “Life-size and Operability”-

Shun'ichi Tano[†] Shin'ya Yamamoto[†] Mitsuru Iwata^{††}
Muhd Dzulkhiflee[†] Junko Ichino[†] and Tomonori Hashiyama[†]

We have been studying the creativity-centered media to ensure that systems truly support creative and intelligent human activities. However, it has gradually become obvious that current advanced support systems have a serious drawback: instead of promoting creative work, they sometimes discourage creativity or let us stop thinking. In this paper, we focus on the 3D sketch system that supports the design of 3D objects by drawing them in the 3D space directly, because they are not used by designers in real fields but are just treated as a mere attraction in an amusement park. We propose three design principles, “Memory Capacity”, “Cognitive Mode”, and “Life-size and Operability”, which make the 3D sketch system truly useful for the designer. They have been gradually derived in the accordance with our cognitive experiment and developing series of 3D sketch system.

1. はじめに

コンピュータの役割は急速に拡大しており、近年では我々の知的活動を支援するメディアとして広く利用されている。高度な情報技術を活用することにより、多様なメディアの入力、認識、理解、生成、出力が可能となっている。我々もデザイナーからナレッジワーカーまでを対象とした、高度な情報技術を活用した人間の知的・創造的・感性的活動の支援システムの研究を行ってきた。

しかし残念ながら、このような高度なメディアを用いた支援システムが逆に人間の知的活動を阻害するという事例が報告されるとともに、現実のユーザには利用されず単なる人目を引くアトラクションになっているケースがある。

本論文では、高度なメディアのひとつである「立体視で生成される3次元空間」を利用して、「デザイナーの目の前の空中に描画できる3Dスケッチシステム」を例にとる。その理由は、上記の2つの問題点、即ち、人間の創造性を阻害する、ユーザに利用されずアトラクションになってしまう、に陥る可能性が高いからである。

本論文では、創造性を阻害せず、かつ、現場のデザイナーが真に活用する3Dスケッチシステムが満たすべき3つのデザイン原則「記憶容量、認知モード、実物大・実操作可能」を、我々の一連の認知実験、開発事例から導く。

3つのデザイン原則の中で「記憶容量」、「認知モード」は一般的な支援ツールの設計に広く適用でき、「実物大・実操作可能」は3次元空間を利用する支援ツールの設計に適用可能である。

2. 関連研究と本論文の目的

2.1 関連研究

従来の3次元スケッチに関する研究は2つのカテゴリに分けられる。第一のカテゴリは、2次元スケッチから3次元モデルを生成するシステムである[18, 19]。デザイナーは2次元でスケッチを行い、何らかの前提に基づき3次元モデルを推定し、3次元空間に表示する。

第二のカテゴリは、3次元空間に直接スケッチを行い、3次元モデルを生成するシステムである[13-17, 20]。空中で描いたものをそのまま立体的に表示するシステム、描いたものから推定して複雑な3次元モデルを生成するシステムなどがある。

我々も上記の両カテゴリにおいて一連の3Dスケッチシステムを研究してきた[4, 5,

[†] 電気通信大学
The University of Electro-Communications
^{††} 東京都立産業技術高等専門学校
Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

7-9].

これらのシステムは短期的評価により有用性を主張しているものの、長期的にプロのデザイナーに利用されることはなく、デザイナー支援ではなく、一般オーディエンス向けのアトラクションになっているのが現実である。プロフェッショナルな利用には何か必須要件が欠けている。

2.2 本論文の目的

本論文の目的は、我々が長期間取り組んできた一連の 3D スケッチシステム開発とその適用評価および認知実験から下記 3 点を導くことである。

- 1) 「記憶容量」「認知モード」は人間の創造的活動を支援するシステムの必須のデザイン原則である。
- 2) 「実物大・実操作可能」は、3D スケッチシステムの必須のデザイン原則である。
- 3) 我々の現在のプロトタイプシステムは、上記 3 つのデザイン原則「記憶容量」「認知モード」「実物大・実操作可能」に合致した 3D スケッチシステムである。

3. 第一のデザイン原則「記憶容量」

3.1 限定された短期記憶容量

人間の長期記憶 (LTM: Long Term Memory) は無限である一方、短期記憶 (STM: Short Term Memory) は極めて限定されている。まず、Miller により短期記憶容量が 7 ± 2 であることが示された[21]。次いで Card の Human Processing Model では同様な数値としてより詳細に定量化された[22]。近年、短期記憶容量はもっと少なく 4 ± 1 であるとの結果が報告された[23]。一方、情報がマルチモーダルに入力されると容量が 3 倍程度拡大されうることも示されている[24]。

しかしいずれにしても、我々の短期記憶は極めて限定された容量しか持たない。我々の短期記憶の数はマジックナンバー 7 のオーダーなのである。

インタラクションの微妙な差が我々の知的活動に影響を及ぼす事例が報告されている。例えば、文書リーダーソフトの UI が文書理解に影響を及ぼし[25, 26]、e-learning ソフトの UI が数学理解に影響を与えている[27]。これらは記憶容量への無理解に起因している。

3.2 我々の実験：アイデアのメモ

ここで述べる我々の認知実験[2, 3]では、UI が知的活動にどのように影響を与えるかを定量的に示す。

3.2.1 実験の背景

我々は、アイデアをメモする際に、頭の中で思いついたアイデアを精一杯記憶し、紙などに写す。上述のように人間の短期記憶の容量は 7 チャンクにしかすぎない。つまり、重要なアイデアが頭に浮かんだとしても、それを情報メディアに入力しようとして、入力操作自体に短期記憶を使ってしまうと、アイデアを格納した短期記憶が失われてしまう。しかも本人は大切なアイデアが失われたことを気づけない。

最も多く使われている入力手段であるキーボードによるローマ字日本語入力、アルファベット→ひらがな→漢字の 3 段の変換過程が必要であり、その結果、短期記憶を消費させ、入力する前に貴重なアイデアが失われている可能性がある。

3.2.2 実験内容

15 名の被験者を対象に、一定の表示時間内 (5 秒) に、ランダムに表示された提示文 (30 文あり、10, 20, 及び 30 文字程度) を見て記憶し、提示文が非表示になってから、キーボード、または手書きでできる限り同じ文を入力してもらう (図 1 参照)。

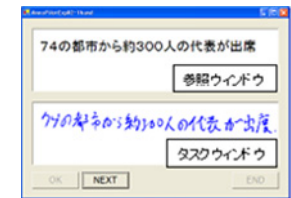
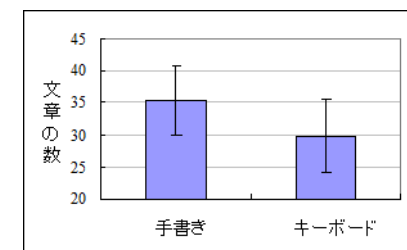
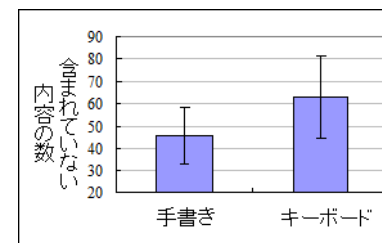


図 1 認知実験入力画面

3.2.3 実験結果

認知的負荷を分析するために、予め提示文の中から概念を抽出し、キーボードで入力した文、あるいは手書きで書いた文の中に、どれぐらい含まれなかった概念があるかを分析した。図 2(a)は書き下せなかった概念の平均数、(b)はすべての概念を書き下せた文章の平均数を示す。統計的に有意にキーボード入力ではよりアイデアを喪失していることが示された。



(a) 含まれていない概念の平均数

(b) 完全に入力された文章の平均数

図 2 認知実験結果

3.3 まとめ：第一のデザイン原則「記憶容量」

上記の認知実験が明確に示すように、支援ツールが短期記憶を要求すればするほど、我々は簡単に貴重なアイデアを失ってしまう。さらに悪いことにアイデアを失ったことに我々は気づかない。

第一の原則は「短期記憶は7程度であるので、ツールが必要とする短期記憶に関して慎重に分析しデザインしないと、本来の知的活動を阻害する」である。

記憶容量が限定されている点は古くから知られており、使い易い UI 設計指針として「記憶への負担軽減」が言われている。しかし、本研究では、記憶容量の問題は、単なる使い易さでだけではなく、知的活動支援ツールにとっては致命的なアイデアの喪失に結びつくため重要であり、第一の原則にする。

4. 第二のデザイン原則「認知モード」

第二のデザイン原則は2つの認知モードに関係している。心理学分野ではよく知られているものの、知的活動支援ツールのデザインにおいては配慮されていない[1, 6, 7, 11, 12].

4.1 体験的認知 vs. 内省的認知

人間の認知モードには体験的認知と内省的認知の2種存在していることが知られている。心理学の分野では、一世紀以上も前、William James が人間の知的活動を“Associative reasoning”と“True reasoning”の2種に分類した。この考え方は Dual Process 理論へと結びつき、最近では、system1(intuition), system2(reasoning)の2つに分類されている[29]。UI デザインの分野では、この2つの認知モードは Norman により言及されている[28].

本論文では、これらの2つの認知モードを体験的認知モード(Experimental Cognition)と内省的認知(Reflective Cognition)と呼ぶ。

体験的認知モードは熟練行動において重要であり、考えなくても反射的に行動可能となる認知モードである。動物は本来この能力が発達しており、人間の知覚システムも体験的モードに向けた構造になっている。この場合、行動は反動的、データ駆動的、パターン駆動的、イベント駆動的な性質を持つ。

一方、内省的認知モードは、物事を抽象化して捉え、新しいアイデアや解法を案出する知的な活動に必須である。ゴール駆動的、トップダウン的な行動であり、体験モードと比較して、頭の中の資源、つまり、アテンションや記憶に大きな負荷をかける。そのため我々は外部の助けとして、本、鉛筆、紙、計算機などの認知アーティファクトを工夫してきたのである。しかしながら、このモードを維持するには多大な心的負担がかかるため些細な外乱により内省モードから抜け出てしまう。

知的活動には上記の両者が必要である。しかしながら、高度情報技術により、コンピュータはより実体に近い高リアリティの五感情報さえ扱えるようになった。この高実体性(高リアリティ)の盲目的追求には問題があり、それを無視した現代の高度情報システムは、人間をより体験的モードに落とし込み、内省的な認知への移行を阻んでいる。

つまり、知的活動支援ツールが思考の代わりに体験を求めてしまう事例が見られる。

4.2 認知モードを無視した設計例

以下では、内省的認知をすべき時に体験的認知に捉えられてしまうために、本来の創造的活動を阻害する3つの事例を示す。

(1) カーエクステリアデザイナーのための3D CAD

自動車メーカーにおけるエクステリア(ボディ形状)設計において、3D モデリング CAD ソフトウェアのような高度なデザイン支援システムが利用されている。高度な3Dモデリング CAD ソフトウェアを用いれば、コンピュータグラフィックにより細部にわたりきれいに呈示される。

しかし、一旦、細部にわたり精密かつきれいに呈示されたデザインを見ると、それ以降はデザインの細部に熱中してしまい、デザインではなく、単なる作業に陥ってしまう。その結果、最も重要な「全体的なデザインを繰り返し構想する」ことはなくなり、創造的活動が見られなくなってしまう[4].

(2) GUI デザイナーのためのツール

コンピュータのユーザインタフェースのデザインは手間のかかる、長時間を要するタスクである。多数の UI 部品を準備し、それをきれいに配置して GUI を実現する支援ツールが開発されている。このツールでは、第一のステップで、UI 部品を画面に配置する作業が必要であり、この作業にはあまりにも精密な定義が求められる。デザイナーはラフなスケッチで画面を設計したいにもかかわらず、精密な作図を要求されてしまう。換言すれば、だいたい GUI の感じを知りたい、動きを知りたいと希望しているにもかかわらず、精緻な配置を求められ、配置してしまうと、今度は逆にその配置が1ドットずれたなどといった細かいところにアテンションが移ってしまい、全体的な構成を考えづらくなってしまいうのである。このような設計支援ツールを使えば見た目はきれいであるが、最も重要なユーザビリティの配慮に欠けたユーザインタフェースが出来てしまう[30].

(3) 建築家のための CAD ツール

建築家は従来より CAD を用いている。最近ではコンピュータグラフィックスやバーチャルリアリティ技術を用いたフォトリアリスティックな提示機能を持つ CAD が用いられるようになってきている。

しかし、「高いリアリティで提示すると細かい部分しかデザインの改良が行われな

い「スケッチで提示しなければ全体的な形や配置を再びデザインしなおすことが少なくなってしまう」などが明らかになった[31]. つまり、初期のデザインにおいては、不必要な正確さを持つ高いリアリティでの表現はデザイナーの創造性の阻害要因となっている。

4.3 まとめ：第二のデザイン原則「認知モード」

第二のデザイン原則は「人間の持つ2つの認知モードである内省的認知と体験的認知の違いに基づいてツールを設計しないと、特定の認知モードに囚われ本来の知的活動を阻害する」である。

双方の認知モードを支援することが重要であるが、特に、人間固有の内省的認知をいかに活性化させ維持させるかが重要である。

5. 第一、第二デザイン原則に基づく我々の開発事例

我々は一連の3Dスケッチシステムを開発してきた[4, 5, 8, 9]. ここでは、我々のシステムがどのように第一、二のデザイン原則に基づきデザインされたかを説明する。

5.1 我々の3Dスケッチシステム1：“Godzilla”[4]

我々の最も基本的な3Dシステムは“Godzilla”と呼ぶ自動車ボディ形状デザイン支援システムである。“Godzilla”は上記4.2節の問題点(1)を起点として研究が開始された。

5.1.1 第一、第二デザイン原則に基づく基本設計

第一デザイン原則は短期記憶への負荷軽減を要求している。そこで、すべての操作をペンベースで設計した。例えば、ファイル名、パスワードもすべて手書きである。キーボードは存在しない。全ての操作は主にペンであり、一部、ジェスチャと音声で操作可能とした。

第二デザイン原則は2つの認知モードへの配慮を要求している。抽象的な手書きのスケッチ表現は内省には向くが体験には向かない。一方、CGやVRなどの高リアリティは内省には向かないが体験には向くという性質がある。

リアリティの高い画像を見せられると認知モードは体験モードに移行してしまい、よりきれいな絵として完成させようとする欲求に流されてしまう。一方、リアリティの低い絵では表現が抽象的であるために、体験モードへ移行せず、表層的なきれいさに囚われることなく、デザインを根本から考えなおす内省モードに留まることができる。しかし、抽象的な表現では内省モードには留まれるが、一方で受ける刺激が限定されてしまい、新たな発想を得難いのも事実である。

そこで、図3に示すように、3次元空間の軸を新たに設け、さらに、3次元においても抽象的な表現に留めた。表示内容自体は抽象的であるが、メディアが3次元空間に拡張されたので、それにより刺激を与えようという表示メディアの設計である。

つまり、内省モードにするためには、抽象的な表現にする必要があるが、それでは体験モードで得られる刺激が欠如するため、3次元空間での抽象表現を導入することにより、この欠点を補うという考え方である。

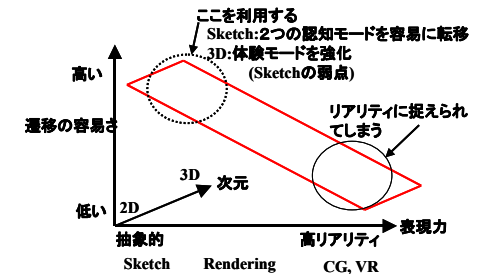


図3 第二原則に基づくメディアデザイン

5.1.2 設計されたデザインフロー

図4にデザインフローを示す。まず、デザイナーは、2Dパッドの上でスケッチをする。直接ペンで描くことができる。次に、3次元のイメージが見たい場合、「2Dパッド上の車のスケッチをつかんで、目の前の場所の好きな所に置く」ジェスチャを行う。デザイナーのペインタッチを保ったままの3次元のイメージとしてそこに浮かび上がる（リアリティの高いバーチャルリアリティイメージでは表示しない）。目の前の立体画像で表示された、車を掴んで回すことにより視点を変えることができる。

2次元のイメージが見たい場合、「目の前の立体表示されている車をつかんで、適当な2Dパッドの上に置く」ジェスチャを行う。3Dスケッチの質感やタッチの感性を保ったまま、修正された2Dスケッチとして、2Dパッド上に現れる。上記を繰り返し車のデザインを行う。イメージ図を図5に示す。

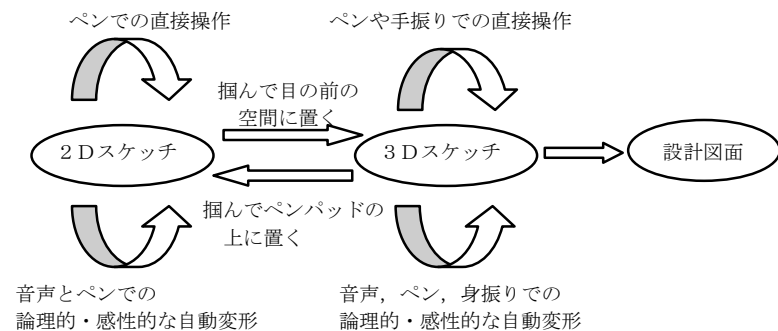
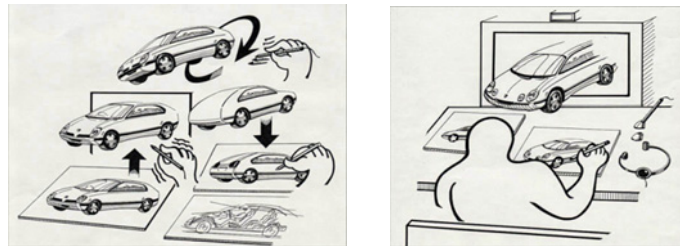


図4 デザインフロー



(a) デザインフロー (b) デザイン環境
図 5 デザインフローおよび環境のイメージ

5.1.3 プロトタイプシステム

図 6 が開発されたプロトタイプであり、複数台の 3D パッド、複数台の 2D パッド、3D 位置センサなどで構成されている。3D パッドは、本プロジェクトで試作した、ヘッドトラッキング機能を有する、裸眼で利用可能な液晶型 3D ディスプレイを用いている。

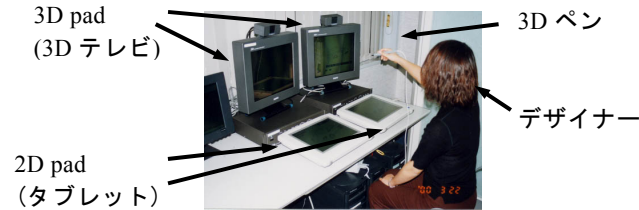


図 6 プロトタイプシステム “Godzilla”

図 7 にデザイン例を示す。例 1 は一般の 2 Box カーの典型的な斜め前からのスケッチ、例 2 が後ろからのスケッチであり、様々な形態の車の異なる視点からのスケッチを認識し、デザインが空中に浮いて見えるように立体スケッチとして 3D パッドに提示している。本システムは自動車デザイン部門に持ち込み、一ヶ月にわたりプロのデザイナー 11 名による評価実験を行っている。

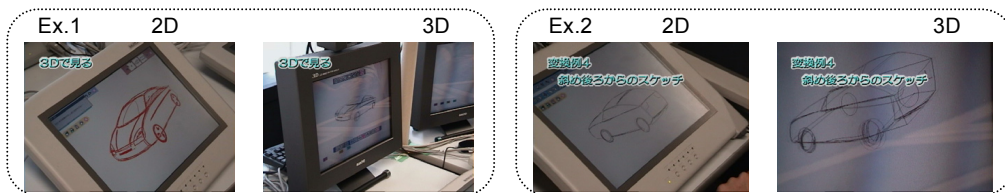


図 7 デザイン例

5.2 我々の 3D スケッチシステム 2 : “Extended Godzilla”[5]

自動車デザイン部での評価は前向きであったもののデザインできる対象が車に限定されていた点、および、2D-PAD と 3D-PAD が分離されていた点が課題として指摘され、汎用的なデザイン支援環境“Extended Godzilla”を開発した。

5.2.1 7つのプリミティブ図形による自由形状デザイン

Godzilla は内部に車の形状モデルを持っていた。システム内部に形状に関するモデルを持たずに、あらゆるスケッチを認識することは不可能である。そこで本研究では、プリミティブ図形を認識対象とすることで、デザイン対象が限定されるという問題点を解決し、プリミティブ図形をいくつか組み合わせることにより、最終的に自由形状のスケッチを完成させるアプローチをとる。

図 8 に本システムが利用するプリミティブ図形をまとめる。プリミティブ図形は、平面のみで構成される図形と、曲面を含む図形とに分類することができる。平面のみで構成される図形としては、最も基本的な形状である三角形で構成される三角錐、三角柱と、四角形で構成される四角錐、四角柱とし、曲面を含む図形としては、球に関しては楕円球や多少の凹凸を含む球状体などを採用し、描画できる曲面の自由度を上げた。これら 7 種類の形状がプリミティブ図形となる。

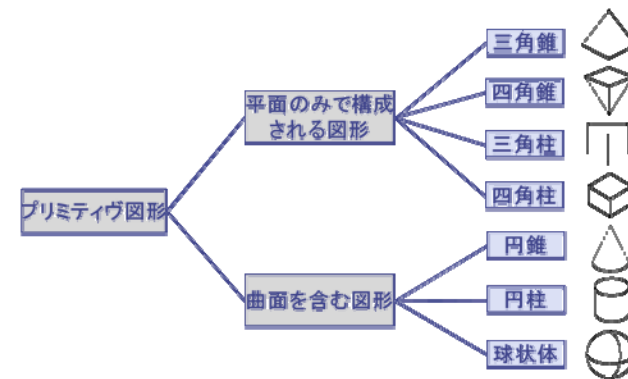


図 8 プリミティブ図形の分類

図 9 にプリミティブ図形を用いたスケッチの流れを示す。まずユーザは、プリミティブ図形を描画し、それを認識させる。認識後は再度プリミティブ図形の描画・認識を繰り返していく。認識済みのスケッチ画に対しては、変形操作を施すことができ、途中でスケッチ画を立体イメージとして確認したいときは、ペンでスケッチ画を引っ張り出すジェスチャを行う。立体化されたスケッチ画は、ジェスチャで回転して好き

な方向から眺めることができ、その方向のまま、2次元スケッチ画へと戻すことができる。以上を繰り返して、描きたい物体のスケッチを完成させる。

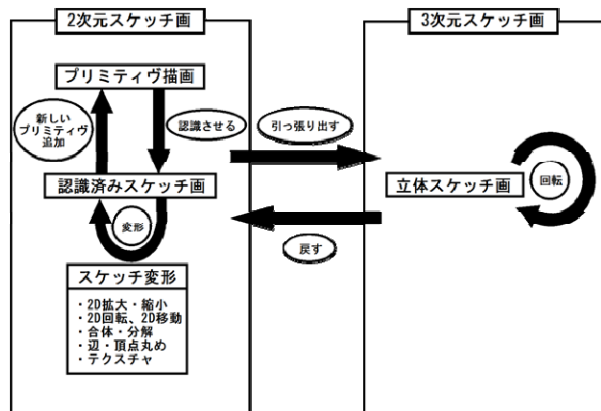


図 9 プリミティブ図形を用いたスケッチの流れ

5.2.2 自然なシームレス 2D-3D を実現したプロトタイプシステム

図 10 に開発したプロトタイプシステムを示す。液晶タブレットに偏光板を貼ることにより、2D スケッチと 3D 表示を可能としている。図 10 に示す 1 台で、図 9 に示すデザインプロセスを可能としている。

図 11 は 2D スケッチと 3D スケッチの「引っ張り出す (pull)」と「戻す (push)」のイメージ図である。図 10 の液晶タブレットの表面からスケッチが空中に引っ張りだされるように、一部が画面に張り付き、一部が連続的に空間に存在するように見える。

図 12 にデザイン例を示す。ラフなスケッチのように見えるが 3D 形状データを持っているため自由な視点での観察が可能である。

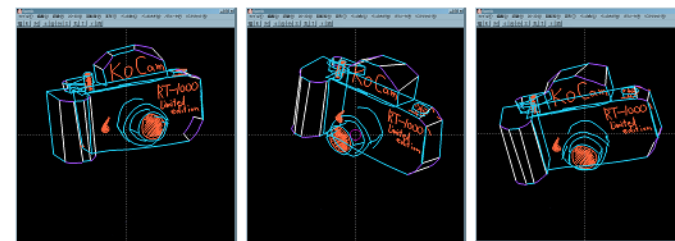


図 12 スケッチ例

6. しかしプロのデザイナーは 3D 空間を利用しない

我々のプロトタイプの評価実験結果は良好であり、デザイナーにも好意的に受け入れられたものの、長期的な実際の利用方法は予想外であった。

6.1 3D 空間はデザイナーではなく観客者向け

当初、デザイナーは 3D 空間を楽しんで利用するが、しばらくすると 3D 空間の利用をやめてしまう。

例えば、Godzilla システムでは、2D スケッチを描いて、それを持ち上げると 3D スケッチとなり目の前に浮かぶ。この変換はデザイナーを驚かせ、時には感動をも引き起こす。しかし、遅かれ早かれ、デザイナーはスケッチを 3D-PAD で見なくても、2D-PAD でも観察しても十分であることに思い至り、3D 空間に持ち上げる操作をしなくなる。つまり、2D-PAD でも擬似的に (透視画法で) 車のスケッチが表示されており、2D-PAD 上でも異なる視点のスケッチを自由に見ることができる。つまり、3D 空間を経なくても 2D 空間での擬似的な (透視画法での) スケッチで十分なのである。

Extended Godzilla においても同様な結果となった。こちらはより広いユーザが対象であるが、2D スケッチを 3D 空間に引き出す経験はユーザを惹き付けるが、次第に 3D 空間に引き出すことはなくなる。つまり、2D 空間での擬似的なスケッチを様々な角度で観察することが重要であり、立体視は不要なのである。

つまり、図 4、図 9 で示した新たなデザインプロセスで必要とされる 3D 空間は、デザイナーには実は利用されない。利用するのは、初めてのユーザだけ、つまり、デモ、アトラクションとしての利用時のみである。

6.2 3D スペースを活用する必須機能の欠如

デザイナーが 3D 空間の利用をやめるのは、3D 空間なしでのデザインに問題がないと感じるからである。換言すれば、我々の 3D スケッチシステムは、3D 空間の利用が必須となるような機能を提供していないことになる。

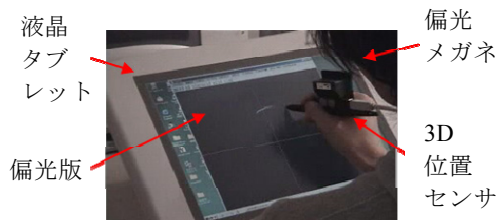


図 10 “Extended Godzilla” システム



図 11 “Pull and Push”インタラクション

7. 第三のデザイン原則「実物大・実操作可能」で拡張したプロトタイプ

7.1 第三のデザイン原則「実物大・実操作可能」

3D スペースを必須とする機能が見つからない限り、デザイナーは3D スケッチを必要としない。そこで我々は3D 空間の本質を分析し、3D スケッチの本質は身体性にあるのではと思いついた。

つまり、2D スケッチでは、デザイナーの身体との比較における「大きさ・形状の実感」や身体を動かしたときの「触る・質感の実感」が欠如しており、3D スケッチではそれを本質的に解決できるのでは考えた。

前者に関しては、実物大でデザインすることで、デザイナーは身体と比較して、スケッチの大きさ、向き、位置を実感しながら描画できる。実物大で描けば、回り込む、しゃがむ等の身体の動きによって、身体を基準にして直感的に評価しながらデザインできることになる。この特性を「実物大」と呼ぶ。

後者に関しては、スケッチに触って動作可能とすれば、デザイナーが実際の操作状況のように身体を動かして、かがみ込んだり、背伸びしたりして、スケッチを操作しながら、直感的にデザインを評価、修正することができる。この特性を「実操作可能」と呼ぶ。

逆に、このような2つの身体性がなければ、3D 空間に描く意味がない。

そこで、第三のデザイン原則は「3D スケッチシステムは、「実物大」「実操作可能」の特性を持たなければならない。2つの特性が欠けると、3D 空間に描く意味がない」とした。

7.2 我々の3D スケッチシステム3：最新のプロトタイプ[10]

7.2.1 第一、第二デザイン原則による設計

まず、第一と第二のデザイン原則から、最も単純な3D スケッチシステムを設計した。即ち、目の前の空間に直接描画し、その描画線が目の前の空間に浮かんで表示されるシステムである。

7.2.2 新たなデザインプロセス：第三デザイン原則による拡張

次いで、第三のデザイン原則から、図13に示すデザインフローを設計した。つまり、まず3次元空間でデザイナーが実物大でスケッチをする。次にスケッチを操作するためにスケッチにどのように動くのかを教える。本研究ではこのフェーズを「動きの意味付け」と呼ぶ。スケッチに動きを付けたら、実際にスケッチを操作してデザインを検討し、簡単にスケッチで修正することができる。このような流れを繰り返し行い試行錯誤しながらデザインをしていく。

図14に示すコピー機のデザイン例を用いて本研究のデザインプロセスを説明する。

(1) 実物大で手書きスケッチ

デザイナーが「どんなコピー機がいいかな」と、コピー機の大きさや形状を実感しながら、3次元空間に実物大でスケッチする。

(2) スケッチに動きの意味付け

デザイナーが「描いたコピー機がどう動くか考えよう」と、スケッチに動きを意味付け(コピーボタン、トレイ、電源ランプ、上蓋等)ができる。

(3) 操作して実感しながら評価

デザイナーが「実際に動かしてみよう」と、スケッチしたコピー機を動かし実際の状況の様に操作する。これによって、「コピーボタンの位置が操作しにくい」、「トレイの操作はしゃがまないとイケないのか」と実感しながらデザインを検討する。

(4) スケッチで修正

デザイナーが「修正しよう」と、操作して気づいた「ボタンの位置はもっと上にしよう」などの箇所を簡単にスケッチで修正できる。

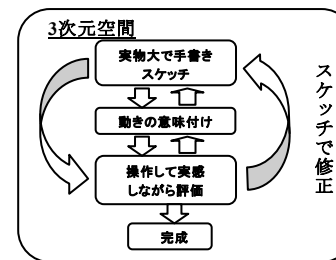


図13 新しいデザインプロセス

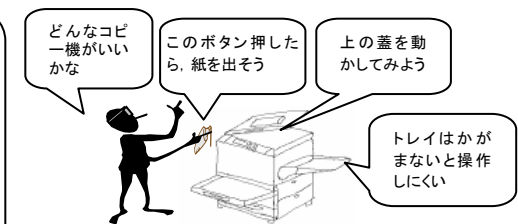


図14 コピー機の例

7.2.3 現在のプロトタイプ

図15に現在のプロトタイプを示す。シースルーHMDと3次元位置検出装置から構成される単純なシステムで実現できる。図16にデザイナーがシースルーHMDを介して3D スケッチをどのように観察できるかを示す。実世界の中にあたかも実物大スケッチが浮かんでいる様子が分かる。

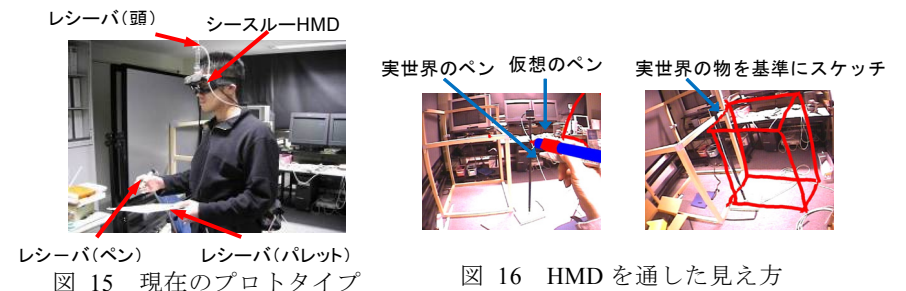


図15 現在のプロトタイプ

図16 HMDを通した見え方

8. まとめと今後の展開

本論文では、我々の一連の認知実験、開発事例から、創造性を阻害せず、かつ、現場のデザイナーが真に活用する 3D スケッチシステムが満たすべき 3 つのデザイン原則「記憶容量」、「認知モード」、「実物大・実操作可能」を導いた。

3 つのデザイン原則の中で「記憶容量」、「認知モード」は一般的な知的活動支援ツールの設計において守るべき原則とみなすべきである。また、現在の人間の知的・創造的・感性的活動を阻害する情報メディアを分析する指標としても活用できる。

「実物大・実操作可能」は 3D スケッチシステムに限らず、3次元空間を利用する支援ツールの設計全般において守るべき原則である。これにより 3D 空間を真にデザイナーが活用するツールを設計することが可能となる。

参考文献

- 1) Dzulkhiflee, M. and Tano, S.: Quantitative Study on the Effectiveness of Pen-Based Computing on Experiential and Reflective Cognitive Mode Tasks, PACIS07 (2007).
- 2) Dzulkhiflee, M., Tano, S., Iwata, M. and Hashiyama, T.: A Video Analysis of Eye Movements during Typing: How Effective is Handwriting during Note-Taking Task?, PACIS 2006, pp. 311-327 (2006).
- 3) Dzulkhiflee, M., Tano, S., Iwata, M. and Hashiyama, T.: Effectiveness of Annotating by Hand for non-Alphabetical Languages, CHI-2006, pp. 841-850 (2006).
- 4) Tano, S., Kodera, T., Nakashima, T., Kawano, I., Nakanish, K., Hamagishi, G., Inoue, M., Watanabe, A., Okamoto, T., Kawagoe, K., Kaneko, K., Hotta, T. and Tatsuoka, M.: Godzilla: Seamless 2D and 3D Sketch Environment for Reflective and Creative Design Work, INTERACT 2003, pp. 131-138 (2003).
- 5) Tano, S., Komatsu, Y. and Iwata, M.: Extended Godzilla: Free-form 3D-object Design by Sketching and Modifying Seven Primitives at Single 2D-3D Seamless Display, APCHI-2004, pp. 471-480 (2004).
- 6) Tano, S., Kamura, T., Iwata, M. and Hashiyama, T.: Digital Paper Concept for Reflective Writing by Seamless Traverse between Handwritten and Coded Information, HCI International 2005, E-book (2005).
- 7) Tano, S.: Quantitative Study on the Effectiveness of Pen-based Computing on Experiential and Reflective Cognitive Modes, Mobile Computing in Education, pp. 46-49 (2009).
- 8) Tano, S. and Sugimoto, T.: Natural Hand Writing in Unstable 3D space with Artificial Surface, CHI-2001, pp. 353-354 (2001).
- 9) Tano, S., Matsumoto, T. and Iwata, M.: Quantitative Analysis of Human Behavior and Implied User Interface in 3D Sketching, APCHI-2004, pp. 481-490 (2004).
- 10) Tano, S. and Yamamoto, S.: Japanese Patent No. 4769942.
- 11) Iwata, M., Sasaki, Y., Tano, S., Hashiyama, T. and Ichino, J.: A Sketch Support System Based on Behavior of Designers, A Sketch Support System Based on Behavior of Designers, pp. 1298-1304 (2010).
- 12) Ichino, J., Makita, T., Tano, S. and Hashiyama, T.: Support for seamless linkage between less-detailed and more-detailed representations for comic design, CHI2009, pp. 3979-3984 (2009).
- 13) Wayne et al.: Interactive Augmented Reality Techniques for Construction at a Distance of 3D Geometry, Eurographics 2003, pp. 19-28 (2003).
- 14) Steven et al.: Surface Drawing: Creating Organic 3D Shapes with the Hand and Tangible Tools, CHI 2001, pp. 261-268 (2001).
- 15) Gerols et al.: Free Drawer: A Free-Form Sketching System on the Responsive Workbench. VRST'01, pp. 167-174 (2001).
- 16) Daniel et al.: A Fully Immersive 3D Artistic Medium and Interactive Experience, Proceedings 2001 ACM Symposium on Interactive 3D Graphics, pp. 85-93 (2001).
- 17) Tovi et al.: Creating Principal 3D Curves with Digital Tape Drawing, CHI2002, pp.121-128 (2002).
- 18) Shin, H. and Igarashi, T.: Magic canvas: interactive design of a 3-D scene prototype from freehand sketches, GI'07, pp. 63-70 (2007).
- 19) Olsen, L. and Samavati, F. F.: Stroke extraction and classification for mesh inflation. In Proc. of SBIM 2010, pp. 9-16 (2010).
- 20) Perkunder, H., Israel, J. H. and Alexa, M.: Shape modeling with sketched feature lines in immersive 3D environments, In Proc. of SBIM 2010, pp. 127-134 (2010).
- 21) Miller, G. A.: The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information, Psychological Review, 63, pp. 81-97 (1956).
- 22) Card, S. K., Moran, T. P., and Newell, A.: The psychology of human-computer interaction, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates (1983).
- 23) Alvarez, G. A. and Cavanagh, P.: The capacity of visual short term memory is set both by visual information load and by number of objects, Psychological Science, Vol. 15(2), pp. 106-111 (2004).
- 24) Samman, S. et al.: Multimodal interaction: multi-capacity processing beyond 7 +/- 2, Proceedings of the human factors and ergonomics society 48th annual meeting 2004, pp. 386-340 (2004).
- 25) Piolat, A.: Effect of screen presentation on text reading and revising, Int. J. Human-Computer Studies, pp. 565-589 (1997).
- 26) Sanchez, C. A. et al.: To Scroll or Not to Scroll: Scrolling, Working Memory Capacity, and Comprehending Complex Texts, HUMAN FACTORS, Vol. 51, No. 5, pp. 730-738 (2009).
- 27) Oviatt, S., Arthur, A. and Cohen, J.: Quiet Interfaces that Help Students Think, IUI-2006, pp. 191-200 (2006).
- 28) Norman, D.: The Psychology of Everyday Things, Basic Books (1988).
- 29) Kahneman D.: A perspective on judgement and choice, American Psychologist. 58, pp. 697-720 (2003).
- 30) Landay et al.: Interactive Sketching for the Early Stages of User Interface Design, CHI 95, pp. 43-50 (1995).
- 31) Schumann et al.: Assessing the Effect of Non-Photorealistic Rendered Image in CAD, CHI-96, pp. 35-41 (1996).