

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22615015

研究課題名（和文） 実物大・実操作可能な3Dスケッチに基づくデザイン環境の実証的研究

研究課題名（英文） Feasibility Study on 3D Sketch System Based on New “Life-sized and Operable” Concept

研究代表者

田野 俊一 (TANO SHUNICHI)

電気通信大学・大学院情報システム学研究科・教授

研究者番号：50282918

研究成果の概要（和文）：

我々はバーチャルリアリティ技術を用いて目の前の3次元空間に直接スケッチする一連の3Dスケッチシステムを開発してきた。しかしながら、3次元表示は新しいメディアであるため、当初、デザイナーを惹き付けるが、すぐに利用されなくなってしまう。つまり、3次元表示は一種の単なるアトラクションであり、デザインには不要である。本研究では、根本的な問題は3次元空間を必須とする機能の欠如にあることを指摘し、新コンセプト「実物大+実操作可能」に基づく3Dスケッチシステムを提案し実証評価を行った。

研究成果の概要（英文）：

We have been studying a wide range of creativity-centered media to ensure that systems truly support creative and intelligent human activities. Specifically, for over ten years we have developed many 3D sketch systems that support the design of 3D objects. However, their long-term evaluation has revealed that they are not used by designers in real fields. Even worse, they are treated as if they were just mere attractions in an amusement park. The fundamental problem is the lack of the indispensable function for 3D space. In this study, we propose new design principles, “life-sized and operable”, which make the 3D sketch system truly valuable for the designer. The new 3D sketch system is designed on the basis of “Life-sized and Operable”, developed, and evaluated successfully.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：時限

科研費の分科・細目：デザイン学

キーワード：創造的活動支援

1. 研究開始当初の背景

情報技術の急速な進歩に伴い、人間の知的

で創造的な活動を支援する高度な情報環境の実現へ向けて、種々のシステムが研究されている。

しかし残念ながら、現代の高度な支援システムでは、美しい最終アウトプットの作成支援を主目的としているため、逆に創造性を阻害しているという負の側面が健在化してきている。例えば、カーエクステリアデザイナーや建築家のための高度3次元モデリングソフトや、マルチメディアで美しく提示されるe-learningソフトでは、結局、人間の創造性や知性が活性化されることはなく、逆に、阻害されているという事例が数多く報告されている。

そこで、我々は、創造性が要求されるフェーズにおいては、紙とペンによるラフなアイデア創出過程が重要であると考え、「創造性が要求されるデザイナー」と「知的活動が要求されるナレッジワーカー」に注目し、以下のペンUIをベースにした支援システムの研究を進めてきた。

(1) デザイナーの創造的活動支援

①ゴジラシステム(1997-2001)

創造的活動が要求される分野の1つである、自動車のボディ形状設計を対象にしたペンUIを持つシステムである。

②拡張ゴジラシステム(2001-2005)

上記システムでは描画対象が自動車に限定されていたが、任意の形状をデザインできるように拡張した。本システムは、プリミティブ図形の組み合わせによる自由形状デザイン可能とした。

③プロのデザイナーの製作過程の分析(2003-現在)

産業機械、自動車、ゲーム、漫画家などのプロフェッショナルなデザイナーを対象に、デザイン過程を分析し、創造的活動においてスケッチの有用性を分析している。

(2) ナレッジワーカーの知的活動支援

①RVI-DESK(1996-1999)

『実デスク+仮想デスク+実ペーパー+仮想ペーパー+その間のインタフェース機器』の組み合わせで、仮想世界と実世界の融合を図ったRVI-Deskと呼ぶナレッジワーカーのためのペンUIを中心とした情報環境を実現した。

②LAP環境(1999-2001)

一人が複数台のペンパッドを操作する状況が出現する。これを散在するペンパッド環境(LAP - Littery Augmented Papers 環境)と名付け、LAP環境のためのユーザインタフェースを提案し、その実装、評価を行った。

③DynaGraffiti(2000-2003)

人間は情報を読む際に、「アノテーション(注釈)」を行う。アノテーションは情報を理解する上で必須である。現在、情報の形態はダイナミックかつインタラクティブ性を持つデジタル情報へと変化している。そこでこの特質を持つデジタル情報へ自由にアノ

テーションでき、再生できるシステムを実現し評価した。

④Digital Paper(2001-現在)

メモ書きから清書までの多くの状況を支援する広範な用途に対応できるシステムのコンセプトとして、ペンUIと中心としたデジタルペーパーコンセプトを提案し試作した。

上記のDigital Paperコンセプトはヒューマンタフフェイス学会より学術奨励賞を受賞した。また子供を対象にした創造的活動支援システムの分析では国際デザイン学会よりExcellent Paper Awardを受賞した。

しかしながら、上記我々の研究では、2次元空間(紙)上でのスケッチが基本であり、立体視を用いた3次元空間でのスケッチは実現できていない。技術的には、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スケッチシステムの実現は容易である。実際、バーチャルリアリティなどの学会では3次元デザイン空間を活用した研究が注目を浴びている。殆どのユーザが、そのバーチャルリアリティによる表現能力の高さに驚き、感動する。

しかしながら、創造的なデザイン活動に直結することは少なく、単なる表示の美しさのみであり、エンターテイメント的な展示へと変容してしまう。

つまり、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。このため、3次元空間を活用したデザイン支援システムは、プロのデザイナーの現場では全く実用されてこなかった。

2. 研究の目的

従来の立体視を用いた3次元デザイン支援システムでは、3次元空間でデザインする必然性がなかった。つまり、立体視(ステレオ視)のためだけに3次元空間があり、単に情報視覚化の能力が高くなった程度の意味しかなかった。そこで、本研究では、3次元であることを必然とするために「身体性」という概念を導入した。つまり、3次元空間に実物大にスケッチすることによりデザインし、さらにその実物大のスケッチを3次元空間で人間が体を屈めたりしながら操作し、評価し、即座に3次元空間へのスケッチで修正できるデザイン空間とすることにより、3次元空間をデザイン過程に本質的に重要な要素とした。この従来とは全く異なるデザイン環境を「身体性に着目した実物大・操作可能な3Dスケッチデザイン環境」と呼び、本研究では、下記に示すように試作・現場デザイ

ナによる評価まで行った。

本研究では22～24年度の期間において、三次元デザイン支援システムを現場で実用可能とするために、新たな設計指針を提案し、それを実現し、現場で評価した。具体的な研究目標は、以下の3点とした。

(1)「身体性に着目した実物大・操作可能な3Dスケッチデザイン環境」を設計する。

(2)上記を具現するソフトウェア・ハードウェアを試作し、デザイン環境を実現する。特にソフトウェアではスケッチ動作定義機能が重要であり、ハードウェアでは、シースルー型立体視HMDおよび3D位置センサを複数組み合わせさせた実現を目指す。

(3)上記のデザイン環境を用いて、大規模プラント(発電所)のオペレータールームのデザイン、多機能ネットワークコピー機の筐体・操作盤のデザイン、家具のデザインの3種の現場のプロのデザイナーを被験者にし、実問題を対象に試用実験を行い、実用性を実証する。

3. 研究の方法

(1)「実物大・操作可能な3Dスケッチデザイン環境」の設計

3次元空間に実物大にスケッチすることによりデザインし、さらにその実物大のスケッチを3次元空間で人間が体を屈めたりしながら操作・評価・修正できるデザイン空間である。満たすべき要件は以下の4点である。

- ①立体視を用いて3次元空間に実物大に手書きスケッチでデザイン可能とする。
- ②スケッチがどのように動くか(操作するとどのように反応するか)を定義可能とする。
- ③実物大のスケッチを実際に体を動かして操作・評価し、修正することを可能とする。
- ④複数人による協調的なデザインを可能とする。

第一の研究課題は、デザインフローの定式化である。

本環境でのデザインプロセスは図1となる。図2のコピー機のデザインを例にとり利用形態を説明する。デザイナーは3D位置センサ内蔵のペン持ち、シースルー型立体視HMDをめがねのように装着する。これにより、デザイナーは目の前の空間の自由にスケッチを描くことができ、描かれたスケッチは、目の前の実際の風景に重畳されるようにあたかも空間に浮いて見える。まず、デザイナーは「どんなコピー機がいいかな」と、コピー機の形状を想像し、目の前の3次元空間に、実物大に手書きでスケッチする。次に、デザイナーは、「ど

う動くべきか考えよう」と、動かしたい部分(ボタン、引き出し、印刷された紙の出口等)をスケッチで指定し、どのように動くか(回転、平行移動、光る等)を、スケッチに指定していく。さらに、デザイナーは「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て操作することによって、「ボタンの位置が操作しにくいな」と実感しながらデザインを評価する。そこで気づいた「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し、またすぐ操作し評価を続ける。

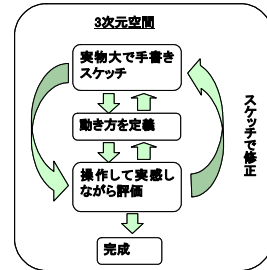


図1

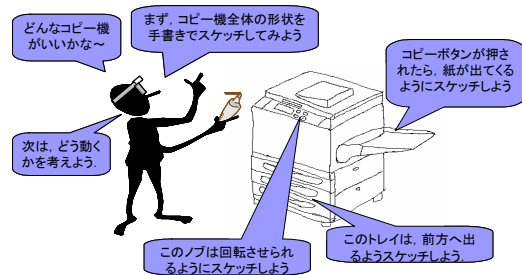
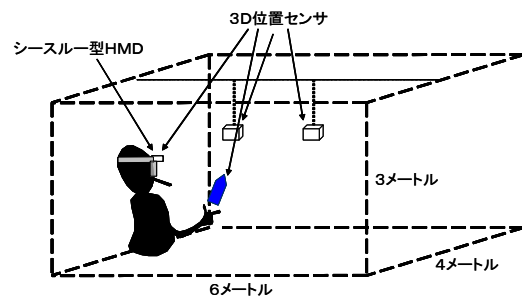


図2

(2) デザイン環境の実現

表示デバイスとして、シースルー型の立体視HMDを用い、3D位置センサをスタイラスペンとユーザの視点、および向きを測るため頭に取り付ける構成とした(下図)。



(3) 実デザイン現場での応用性確認

評価は、①単独で行うデザイン、②複数人で協調的に行うデザインを対象に、プロのデザイナーにより行った。デザイナーの行動分析(試行錯誤)、デザイン結果の質の評価(従来のデザインと比べて向上したか)、「抽象性と実体性の融合」の効果について、ビデオ分析等の評価を行った。

①単独で行うデザイン: 多機能ネットワークコピー機の筐体・操作盤のデザインおよび

家具のデザインを対象とした。コピー機は、給紙、紙詰まりの除去など、身体性が重要なファクタとなる。インテリア家具は様々なデザインの自由度が高い一方で、身体性を無視したデザインが見られる。使いやすさを評価しつつ、デザイン性を高める必要があり、本システムの評価に適していると考えた。

②複数人で協調的に行うデザイン： 大勢でデザインを行うことが多く、さらに、そのデザインの正否が社会的な安心・安全に直結する大規模規模プラント（発電所を想定している。上図参照）のオペレータールームのデザインに適用した。



4. 研究成果

(1) 「実物大・操作可能な3Dスケッチデザイン環境」の設計

3次元空間に実物大にスケッチすることによりデザインし、さらにその実物大のスケッチを3次元空間で人間が体を屈めたりしながら操作・評価・修正できるデザイン空間を設計した。

実物大スケッチUI、スケッチの選択UI（移動、コピー、動きの定義に選択が必要）、動き方の定義UI、操作するUIが重要であり、自然なユーザインタフェースを設計した。

具体例を示すと、2次元空間では簡単なスケッチの選択も、実物大になると手が届かないスケッチの選択方法が必要である。さらに本環境で特徴的な「スケッチに動作を定義する」方法も考案する必要がある。例えば、「車のシフトレバーはどのように動く」といった動作定義や「このボタンを押すと、この警報ボタンが赤く光る」などの動作定義UIである。

(2) デザイン環境の実現

表示デバイスとしてシースルー型の立体視HMDを用い、3D位置センサをスタイラスペンとユーザの視点、および向きを測るため頭に取り付ける構成とした。視野角が広く高精細で安価な市販品のシースルー型立体視HMDを用いて試作した。また、高精度な広域位置センサを試作し、4m×6mで高さ3m程度の空間のどこでも描画可能とした。

複数人のデザイナーがいろいろな向きからスケッチに回りこんでデザインでき、さらに、デザイナー自身の腕や手が見え、また実世界との対応ができることで、デザイナーが身体性を用いて協調できるデザイン空間を実現した。

さらに、高精度、多人数対応にするために拡張を行った。具体的には、広領域対応の磁気センサを追加し、超音波に基づく広域位置センサと相互補完するシステム構成とすることにより、精度の向上を行った。また、大画面を3分割し、分割した画像をシースルー型立体視HMDに対応付け動作可能とする構成を考案し、その結果、1台のPCで、6台のシースルー型立体視HMDの同時描画・制御を可能とし、6人での協調的デザインを可能とした。

(3) 実デザイン現場での応用性確認

まず、複数人で協調的に行うデザインを対象に、プロのデザイナーにより行う実験の検討を行った。デザイナーの行動分析（試行錯誤）、デザイン結果の質の評価（従来のデザインと比べて向上したか）、「抽象性と実体性の融合」の効果について、実験方法を検討した。

上記検討に基づき、実デザイン現場での応用性確認を行った。具体的にはプロの建築家に本システムの説明・デモを行い、適用可能性を評価した。

①単独で行うデザイン、②複数人で協調的に行うデザインにおいても本システムが有効であり、さらに、デザインの正否が社会的な安心・安全に直結する大規模規模プラント（発電所など）のオペレータールームのデザインなどにおいては、実際にモックアップを作ることは困難であるため、現在のところ頭の中で想像しながらレバー、ボタン、警報機器等の配置を決めているのが実情であり、本システムにより、スケッチによりデザインを繰り返して吟味することが可能となるとともに、操作しやすいか（レバーまで手が届くか）、緊急停止ボタンを押す時に、警報パネルが見えるかなど、操作についても確認することが可能となり、安全なシステムの実現をもたらすとの評価が得られた。

一方で、本システムは3D位置計測装置が環境設置型であるため、特定の試験環境でしか動作しない点がデメリットとして浮かび上がった。そこで、昨年設置した超音波と磁気による3D位置計測ではなく、UbiC3D (An Architecture for Ubiquitous and Collaborative 3D Position Sensing) と呼ぶ視覚特徴量だけに依存する3D位置計測手法の基本アーキテクチャを考案した。本システムをUbiC3Dアーキテクチャ上で実現すると、既設の建物内などどのような場所においても、本システムを稼働させることができる。

今後、実現を進め、プロの建築家と共働していく予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① Shun'ichi Tano, Shinya Yamamoto, Muid Dzulkhiflee, Junko Ichino, Tomonori Hashiyama, Mitsuru Iwata: Three Design Principles Learned through Developing a Series of 3D Sketch Systems: "Memory Capacity", "Cognitive Mode", and "Life-size and Operability", The 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (IEEE SMC 2012), 査読有、2012, 880-887
- ② Shun'ichi Tano, Byongchol Pei, Junko Ichino, Tomonori Hashiyama, Mitsuru Iwata: An Architecture for Ubiquitous and Collaborative 3D Position Sensing for Ubiquitous 3D Drawing, The 10th IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (EUC 2012), 査読有、2012, 464-476

[学会発表] (計8件)

- ① 渡部 夏子、田野 俊一、橋山 智訓、市野 順子、三木 健司、岩田 満、望月 宏史、手術室内環境及び術者に柔軟に適応可能な超音波装置インターフェースの実装と評価、電子情報通信学会、2013年3月11日、福岡工業大学
- ② 渡部 夏子、田野 俊一、橋山 智訓、市野 順子、三木 健司、岩田 満、手術室内環境及び術者に柔軟に適応可能な超音波装置インターフェースの提案、ヒューマンインタフェースシンポジウム、2012年9月14日、名古屋工業大学
- ③ 黄 昕鵬、田野 俊一、市野 順子、橋山 智訓、岩田 満、自然かつ正確な空中描画と高度操作設計を支援する3次元デザイン環境の試作、ヒューマンインタフェース学会、2012年3月25日、京都工芸繊維大学
- ④ 田野 俊一、山本 伸也、岩田 満、Muid Dzulkhiflee、市野 順子、橋山 智訓、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」、情報処理学会 ヒューマンコンピュータインタラクション研究会、2012年3月21日、北陸先端科学技術大学院大学
- ⑤ 田野 俊一、裴 秉哲、岩田 満、市野 順子、橋山 智訓、Ubiquitous 3D

Drawingのための単一カメラ・センサを用いた協調的3D位置検出アーキテクチャ Ubi3D の提案、情報処理学会 コンピュータビジョンとイメージメディア研究会、2012年3月15日、東京工業大学

- ⑥ 田野 俊一、山本 伸也、岩田 満、市野 順子、橋山 智訓、デザインワークに3次元空間は不要か?—新コンセプト「実物大+実操作可能」に基づく3Dスケッチシステム—、電子情報通信学会、2012年3月13日、富山大学
- ⑦ 黄 昕鵬、田野 俊一、市野 順子、橋山 智訓、岩田 満、自然かつ正確な空中描画と高度な操作設計を支援する協調的3次元デザイン環境の提案、ヒューマンインタフェースシンポジウム、2011年9月15日、仙台国際センター
- ⑧ 李 莉、田野 俊一、市野 順子、橋山 智訓、江崎 朋人、シンプルなジェスチャーと6DOFを利用した自由な空中スケッチ環境、社団法人映像情報メディア学会研究会、2011年3月15日、東京工科大学

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.media.is.uec.ac.jp/tano/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田野 俊一 (TANO SHUNICHI)

電気通信大学・大学院情報システム学研究科・教授

研究者番号：50282918