

エンドユーザによる椅子デザインシステム

Sketch Chair : End-user Design of Physical Chairs

Greg Saul, Manfred Lau, 三谷 純, 五十嵐 健夫*

Summary. 本稿では、一般ユーザが自分で使う椅子を自分でデザインできるようにするシステムについて紹介する。ユーザが簡単なスケッチ操作で計算機上に椅子の概形を描くと、それをもとに自動的に椅子の3次元モデルが生成される。さらにその椅子について、物理シミュレーションを用いたバランスの確認や、人体モデルを用いた座り心地の確認なども行うことができる。椅子モデルは、木の板を組み合わせた形状で表現され、各部材の輪郭線をレーザカッターなどに出力することで実物の椅子を組み上げることができる。実際に本システムでデザインした実物大の椅子を製作し、その実現可能性を確認した他、初心者を対象としたワークショップを開催して、オリジナルの椅子（この場合は椅子型の携帯電話置き）をデザイン・製作できることを確認した。本システムは、エンドユーザによる家具デザインという、長期的な研究目標の第一歩として実装したものである。

1 はじめに

レーザーカッターや3次元プリンタなどのラピッドプロトタイピング機器の発達によって、モノづくりが個人レベルで行うことの実現性が高まってきている [7]。しかし、これらの機器に出力するためのデータをみずから作るためには、高度な CAD システムや3次元モデリングシステム [1, 5] を使わなければならない。素人にとっては未だに敷居が高い。たとえば、実物体として出力するためには、出力機器固有の制約を満たすようにモデルを作成しなければならない。これを適切に行うことは、素人には困難である。さらに、実世界で物理的に機能するものをデザインするためには、対象事物に対する専門的な知識も必要となる。

我々のグループでは、このような問題を解決するために、3次元モデリングシステムに、機能する実物体をデザインするために必要な支援機構を組み込んでいくことを提案している。本稿では特に、家具のデザインに注目し、具体例として椅子のデザインシステムについて紹介する (図 1)[14]。本システムでは、ユーザが簡単なスケッチ操作で椅子の概形を描くと、それをもとに自動的に椅子の3次元モデルが生成される。さらにその椅子について、計算機中で物理シミュレーションを用いたバランスの確認や、人間モデルを用いた座り心地の確認などを行うことができる。椅子モデルは、木の板を組み合わせた形状で表現され、各部材の輪郭線をレーザカッターなどに出力することで実物の椅子を組み上げることができる。

本稿では、提案するシステムのユーザインタフェー

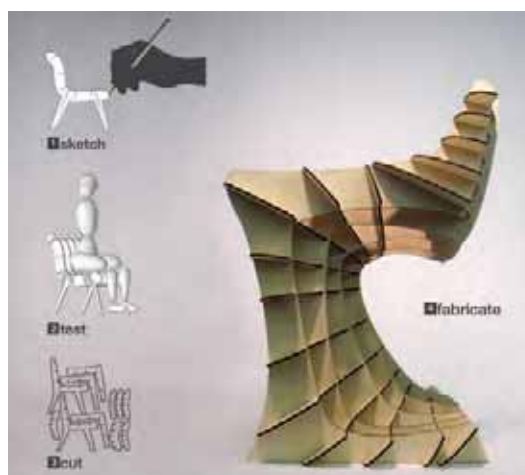


図 1. 全体構成

ス、利用例について紹介したのち、論文の最後に、このようなエンドユーザによる家具デザインという長期的な目標を実現するために必要な事項などについて議論を行う。

2 関連研究

ユーザ自身によるデザインの有効性を示す有名な例として、Glenn Goulds のピアノ椅子が挙げられる [3]。この有名なピアニストは、子供時代に父親が作ってくれた、高さの調節可能なピアノ演奏用の折りたたみ椅子を生涯持ち歩いて利用していたとされている。

ラピッドプロトタイピングを用いたデジタルファブリケーションを個人レベルから利用可能にしている商用サービスとして Ponko [10] がある。このサービスを利用することで、ユーザは形状データをアッ

Copyright is held by the author(s).

* JST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト

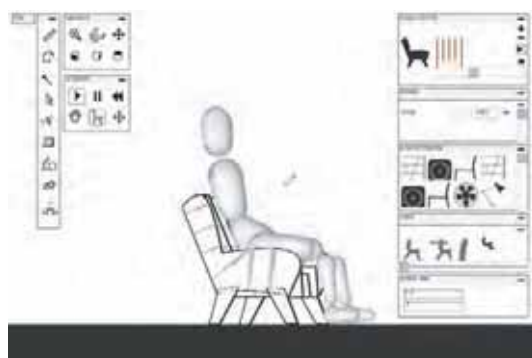


図 2. 画面のスナップショット

ブロードし、そのデータに基づいてレーザカッターで切り出した素材を受け取ることができる。また、Inter-cultur [8] では、3次元形状データをアップロードし、3次元プリンタで出力した結果を受け取ることでできるサービスを提供している。

研究分野では、簡単に3次元モデルを作成する手法として、スケッチインタフェースを利用するもの [12, 15] や、ジェスチャーを利用するもの [16] などが提案されている。物理的なモデルをつくるものでは、手書きスケッチでぬいぐるみをデザインすることのできるシステム [8] や、WiiRemoteをつかった3次元スケッチによりランプシェードをデザインするシステム [9] などがある。また、モーションキャプチャによる3次元スケッチから椅子を作るコンセプトデモ [6] などもあるが、このシステムでは描かれた3次元の線をそのまま3次元プリンタで出力するのみであり、我々が本論文で紹介するようなデザインのサポートは行われていない。

3 形状デザイン用インタフェース

本稿で提案するスケッチチェアシステムは、エンドユーザ自身による椅子のデザインを支援するシステムである (図 2)。ユーザが横から見た椅子の概形を描くと、それを奥行き方向に掃引することで立体的な椅子の形状が生成される。さらにその椅子は、平面のパネルを格子状に組み合わせたものとして表現され、実際にレーザカッターによって切り出して組み立てることができるようになっている。デザインした椅子については、物理シミュレーションを適用することで、重力に抗してバランスよく自立できるかどうかを確認したり、人間モデルを座らせてみることで、その座り心地やサイズの適切さなどを視覚的に確認することができる。以下の段落では本システムの動作の詳細について説明する。

3.1 描画ツール

このツールを使うことで、フリーハンドのスケッチによって、椅子を横から見たときの背もたれと座

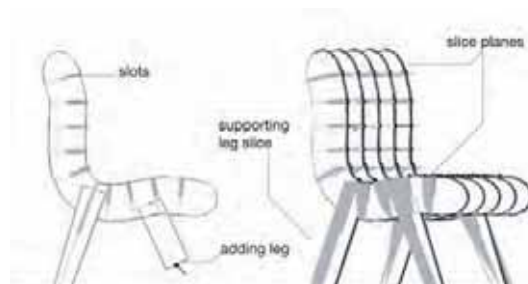


図 3. 脚の追加

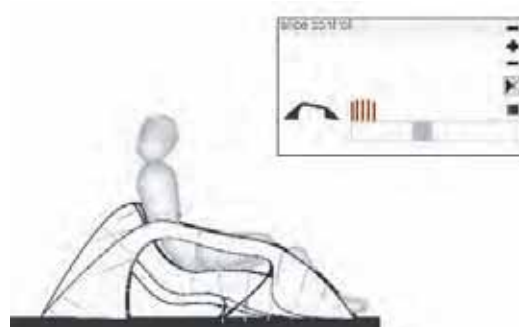


図 4. レイヤーごとに異なる形状を設定した例

面の形状を描くことができる。ユーザの描いた線はポリラインとして表現されており、後から制御点をドラッグ操作で動かすことで形状を調整することができる。

3.2 脚ツール

このツールでは、マウスのドラッグ操作で直線的な椅子の脚を描くことができる。脚は4つの頂点からなる四角形として表現されており、頂点をドラッグすることで形を調整できる (図 3)。

3.3 レイヤーパネル

椅子は複数枚のパネルから構成されており、レイヤーパネルを利用することで、各レイヤーを個別に編集することができる (図 4)。たとえば、中央付近のレイヤーの形を変えることで、中央だけが沈み込んだような背もたれを作ることができる。

3.4 パスツール

上記の描画ツールでは簡単なスケッチ操作によって椅子の形状を描くことができるが、パスツールでは、adobe illustrator といったベクトル描画ソフトと同じようなインタフェースによって、直線とベジエ曲線を組み合わせた詳細な線を描くことが可能である。



図 5. 物理シミュレーションによるバランスの検証



図 6. 人間モデルによるサイズの検証

4 デザイン支援機能

4.1 複数のデザインの比較検討支援

よいデザインのためには、さまざまなバリエーションを簡単に作成し、比較できることが重要である。一本のストロークによる形状デザインは、制御点を一つ一つ編集するのに比べて手早く形を指定できるため、複数のデザインを試行錯誤で試していく作業に適しているといえる。さらに、本システムでは、さまざまなバリエーションの比較を支援するための機構として、ハイパネーションとショールーム機能を提供している。ユーザがすでに表示されている椅子と別に新しい椅子を描きはじめると、元の椅子はハイパネーションされバックグラウンドに移行する。ハイパネーションされたモデルには形状編集操作や物理シミュレーションが適用されず、明示的にクリックすると、そのモデルがアクティブになり、現在アクティブであるモデルが新たにハイパネーションされる。また作成された椅子はすべてショールーム（過去ログ）の中に記録され、いつでも参照することができる。

4.2 物理的なバランスの検証支援

椅子が椅子として機能するためには、それ自体がバランス良く自立することが重要である。また、安楽椅子のような場合には、うまく「揺れる」ことも必要である。通常このような性質は、CADモデリングの最中には確認することができず、実際に作ってみるか、別のソフトウェアの物理シミュレーションを利用することが必要となる。本システムでは、椅子をデザインしている最中に、いつでも物理シミュレーションを適用して重力の影響について分析することが可能である。たとえば、脚の配置が悪くてバランスをくずして倒れてしまう場合や、安楽椅子としてデザインしたのにうまく揺れない場合などを確認できる（図5）。物理シミュレーションの起動には、画面上の再生ボタンを押せばよく、シミュレーションを終了するには停止ボタンを押せばよい。システム内部の実装では、無償で利用可能な剛体シミュレータである jBullet を利用している。

4.3 エルゴノミクスの分析支援

椅子をデザインするとき、特定のユーザのための椅子をデザインするときには、その人の体型を考慮

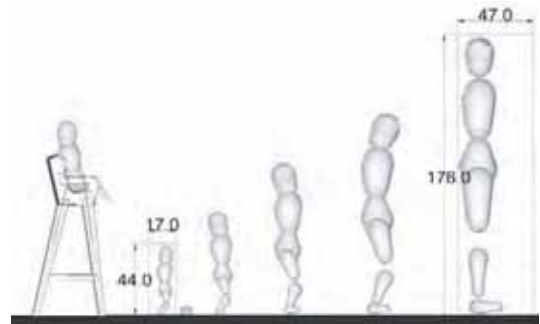


図 7. 身長にあわせたプロポーションの自動調整

することが重要である。たとえば、長時間座るための椅子であれば、両足が地面にきちんとつくことが重要である。通常 CAD モデリングでは、実世界と離れた図面の世界での作業になってしまうため、大きすぎたり小さすぎたりするモデルを作ってしまうがちである。そのため、プロによるデザイン作業では、実物を作成して確認する作業が頻繁に行われる。しかし、椅子を実際につくるのは大変であるため、個人によるデザイン作業では実物での確認は現実的でない。そこで本システムでは、仮想人体モデルを用意し、それをモデリング中の椅子に座らせてみることで、大きさや形が体にあっているか確認できるようにしている（図6）。さらに仮想人体モデルにも物理シミュレーションを適用することができるので、人間が座ったときのバランスなども調べることができる。

仮想人間モデルは、簡単なドラッグ操作で身長を調整することができるため、対象とするユーザ（多くの場合は操作している本人）の体型の合わせて利用することができる。子供と大人では頭の大きさや脚の長さなどのプロポーションが異なるので、本システムでは身長に応じてそのプロポーションを自動的に調整している（図7）（数値データは [2, 11] を利用）。

4.4 レファレンスオブジェクトの利用

実世界で使う家具は、それ単体で存在していることは稀で、他の家具とあわせて利用する場合がほとんどである。たとえば、椅子であれば、テーブルや机とあわせて利用することが多いと考えられる。したがって、椅子デザインを行う場合には、これらの



図 8. レファレンスオブジェクトの利用

周囲の物体との関係も考慮しなくてはならない．本システムでは，このような目的のため，机やピアノ，フロアライトなど，典型的な家具のライブラリを用意している（図 8）．これらを背景に「置く」ことで，それらの大きさを考慮しながら，椅子を適切にデザインすることができる．

5 実物の椅子の製作

本システムでは，薄い板を切り出して組み合わせるで作る椅子を対象としている．このようにすることで，モデリング結果を直接レーザカッターに出力し，材木の板を切って組み合わせることで，椅子を組み立てることが可能となる．レーザカッターがない場合には，図面にしたがってのこぎりで切り出す，といった方法で製作することも可能である．また，小さいスケールにしたものを，安価なカッティングプロッタに出力し，厚紙を切ってくみ上げることで，おもちゃの椅子をつくることもできる．紙の椅子は，実物大の椅子をつくる前に，さまざまなデザインのバリエーションを試す，という意味でも有用である（図 9）．

実際に座ることのできる大きさの椅子を作る際に，一般的なレーザカッターで切ることのできる材木では，厚みおよび大きさが不足する．この場合には，複数枚の板を張り合わせることで，大きさおよび強度を得ることができる．椅子の座面については，フェルトとヤシ繊維生地を組み合わせたものを木の座面の上につけて利用する．固定するためには，生地と木材の穴を開けて紐で結ぶ方法を採用した．図 10 に，実際に製作した実物大の椅子の例を示す．

6 結果

科学未来館の協力のもと，一般の方を対象としたワークショップを開催し，本システムの有効性について簡単な検証を行った（図 11）．ワークショップには 12 才から 53 才までの 7 名の一般人が参加した．はじめに簡単なチュートリアルを行って，システムでのデザインを自由に練習したあと，最後に，携帯電話置きになるようなミニチュアの椅子をデザインし，実際に製作を行った．ミニチュア椅子の部材の



図 9. 紙で製作した椅子の例

切り出しにあたってはレーザカッターを利用した．すべての被験者が，実際に椅子をデザインして製作することに成功した．椅子に脚を付加する際，ほとんどの被験者は単に線に引いてつけるだけであったが，CAD モデリングの経験がある被験者はパストツールを活用していた．一方で，レイヤーパネルを利用して高度な編集を行った被験者はいなかった．事後に感想を聞いたところ，すべての被験者が「自ら使うものを自分でデザインする」というコンセプトに共感を示していた．さらに，自分でデザインしたものは，買ってきたものよりもさらに愛着がわく，子から孫へ代々引き継いで使ってもらいたい，といった意見もあった．



図 10. 実物大の椅子の製作例



図 11. ワークショップの様子

7 まとめ

本稿では、エンドユーザが簡単に自分で使う椅子をデザインすることのできるシステム sketchchair について紹介した。ユーザは、希望する椅子の概形をスケッチで描き、脚を付け足すことで椅子をデザインすることができる。また、物理シミュレーションを利用してバランスをチェックしたり、人間モデルを座らせて大きさを確認したりできる。今後は、このようなエンドユーザによるモノのデザインという考え方をベッドや机など、椅子以外の家具にも適用していきたいと考えている。

参考文献

- [1] Autodesk, 2010. AutoCAD. <http://www.autodesk.com/autocad>
- [2] Alvin R. Tilley (2001). The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design, Henry Dreyfuss Associates
- [3] Bazzana, K: Wondrous Strange: The Life and Art of Glenn Gould. Oxford University press 2004.
- [4] Carl Fredrik Svenstedt. <http://www.carlfredriksvenstedt.com/infinity/project.html>
- [5] Dassault Systmes SolidWorks Corp, 2010. SolidWorks 2010. <http://www.solidworks.com>
- [6] FRONT Sketch Furniture. 2006, <http://www.designfront.org/category.php?id=81product=93>.

- [7] Gershenfeld, N.A. Fab: The Coming Revolution on your Desktop - From Personal Computers to Personal Fabrication. Basic Books, New York, 2005.
- [8] Inter Culture <http://inter-culture.jp/>
- [9] Karl D.D. Willis, Juncong Lin, Jun Mitani, and Takeo Igarashi. 2010. Spatial Sketch: Bridging Between Movement and Fabrication. Proceedings of the Fourth International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction.
- [10] Ponoko, 2010, <http://ponoko.com/>
- [11] Panero, J. and Zelnick, M. (1979). Human Dimension and Interior Space: A Source Book of Design Reference Standards, Watson-Guptill.
- [12] T. Igarashi, S. Matsuoka, and H. Tanaka. 1999. Teddy: a sketching interface for 3d freeform design. ACM SIGGRAPH 99, 409 416.
- [13] Yuki Mori and Takeo Igarashi. 2007. Plushie: An Interactive Design System for Plush Toys. ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH 2007), Vol. 26, No. 3, Article No. 45.
- [14] G. Saul, M. Lau, J. Mitani, T. Igarashi. 2010. SketchChair: An All-in-one Chair Design System for End-users. submitted to TEI 2011.
- [15] R. Zelenik, K. Herndon, and J. Hughes. 1996. Sketch: An interface for sketching 3d scenes. SIGGRAPH 96 Conference Proceedings, 163 170.
- [16] Steven Schkolne, Michael Pruett, and Peter Schroder. 2001. Surface Drawing: creating organic 3D shapes with the hand and tangible tools. SIGCHI 2001, 261-268

未来ビジョン

現代社会は、大量生産・大量消費社会である。専門家によってデザインされ、工場で生産された商品が店舗に並び、人々はそのなかから自分の必要にもっとも近いものを選んで消費している。しかし、一部の専門家のデザインしたものを、一般の人々がそのまま利用する、というモデルが最適とは限らない。第1に、マスを対象にデザインされたものでは、個々人の多様なニーズを完全に満たすことはできない。第2に、同一モデルの大量生産では売れ残りが避けられず、限られた地球資源を有効に活用するという視点から問題がある。第3に、人間には本質的に他人とは違う存在でありたいという自己表現の欲求があると考えられるが、皆が同じものを購入し利用するというシステムの中では、自己表現の要求を満たすことは難しい。

我々のグループでは、このような大量生産消費システムに変わるものとして、自分のものは自分でデザインする、という未来ビジョンを掲げて研究を行っている。具体的には、衣服や鞆などの持ち物、雑貨・小物など家庭で使う物品、さらに自動車や自転車、家などについて

も、最初は限られた範囲でのカスタマイズ、将来的には自らによるデザインが可能になっていくのではないかとのことである。

このような未来を実現する上では、新たなユーザインタフェース技術の開発が重要である。本研究で扱ったスケッチに入力以外にも、仮想現実感などの実世界志向技術の利用が考えられる。また、剛体シミュレーションに限らず、各種の実世界の事象を適切な粒度でモデル化し、対話的な操作が可能な速度でシミュレートする技術も重要である。

なお、一般ユーザによるモノのデザインが可能になると、それをサポートする新しい産業構造が生まれてくるものと考えられる。すなわち、デザインしたものをモノとして手にとるためには、個人に対して少量多品種の材料を提供したり、製作を請け負ったり、といった多くの新しいサービスが必要となり、それら提供する産業が生まれてくると考えられる。また、一個人がデザインしたものを、モノでなく「プリントアウト可能な」設計図のような形で公開し、販売するような新たな流通機構も生まれてくるものを期待される。