

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 18 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23611031

研究課題名(和文) デザイン検討用3次元CGソフトの開発と産業界への普及展開

研究課題名(英文) Development of 3D Computer Graphics software for design study and spread to design industry

研究代表者

笠原 信一 (Kasahara, Shinichi)

首都大学東京・システムデザイン学部・教授

研究者番号：00433178

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：デザイン分野における3次元CG活用の裾野を広げ、業界全体のデザインの質の向上や競争力の向上を図るために、デザイン検討をターゲットとし高品質と使いやすさを両立するCGレンダリング技術を研究開発し、独自ソフトウェア「Frend」を実現させた。さらにインターネットを介してそのソフトウェアを普及展開する仕組みを構築した。

3次元CGレンダリング技術の研究開発においては、間接光シミュレーション機能などのアルゴリズムを研究開発し実装することによって高品質表現を追求すると共に、膨大する計算時間を解消するために点光源による半影表現機能やGPGPU化などの処理高速化手法を研究し使いやすさの向上も目指した。

研究成果の概要(英文)： In order to use 3 dimensional Computer Graphics more widely and effectively in the design field and aim to improve design quality and competitiveness, CG rendering technologies for providing both the highest quality and easy of use was researched and finally the original software called "Frend" has developed. Further a system to spread the software through internet was developed.

At the stage to research CG rendering technologies, the highest quality was pursued by researching algorithm on indirect lighting simulation and so on. On the other hand, calculation acceleration algorithm, namely hemi shadow by a point light, GPGPU and so on, was also researched to solve the enormous calculation time to pursue ease of use.

研究分野：コンピュータグラフィックス

キーワード：コンピュータグラフィックス ソフトウェア デザイン

1. 研究開始当初の背景

デザイン分野における3次元コンピュータグラフィックス(CG)の活用は、大手企業では進み大きな効果を挙げているが、多数存在する中小のデザイン事務所ではあまり進んでおらず、デザイン業界全体で見ると、3次元CGはまだ限られた利用にとどまっている。その理由は、3次元CGソフトウェアの使いこなしの難しさと、高価な設備投資にあり、人的、資金的に余力のある大手企業のみが、3次元CGの効果を享受できる状況にある。

2. 研究の目的

このような状況を打開し、デザイン分野における3次元CG活用の裾野を広げ、業界全体のデザインの質の向上や競争力の向上を図るために、デザイン検討をターゲットとし使いやすさに重点を置いた3次元CGのソフトウェアを開発し、そのソフトウェアをインターネットを介して公開して、産業界に普及展開する。

3. 研究の方法

大別して、「CGレンダリングソフトウェアの研究開発」と、「開発ソフトウェアの普及展開の仕組み構築」の二つについて実施した。

CGレンダリングソフトウェアの研究開発では、CG表現の高品質化、使いやすさの向上、計算時間高速化の研究に重点を置き、すでに保持しているプロトタイプソフトウェアの改良によって性能を向上させると共に、デザイナーにとって有用なツールとなるための実用性を追求した。

開発ソフトウェアの普及展開の仕組み構築では、本ソフトウェアを紹介するホームページを立ち上げ、デザイナーがインターネットを介してソフトウェアをダウンロードできるようにした。また、あわせてユーザーマニュアルの整備を行った。

これらの作業のうち、プログラムのコーディング、ホームページ立ち上げ、マニュアル作成には学生アルバイトによる作業を活用した(延べ1370時間)。

4. 研究成果

(1) CGレンダリングソフトウェアの開発

建築デザインに特化し、高機能と使いやすさを両立させた独自のCGレンダリングソフトウェア「Frend」を完成させた(図1)。

本研究で開発したソフトウェアの機能の一覧は、以下である。また、表1に開発ソフトウェアの関数の一覧を示す。ソースコードは約50,000行の規模になった。

材質に関する機能

拡散反射物質、透過物質、鏡面反射物質、屈折物質、簡易鏡面反射、ハイライト、材質表面の模様、材質表面の凹凸、マッピングのエッジブレンド、鉛直マッピング、ラップマッピング

光源に関する機能

点光源、スポット光源、線光源、環境光源、光源の距離減衰の調整、太陽位置指定、陰部分の立体感表現、グローライト、影の表現、間接光シミュレーション

構図に関する機能

透視投影、平行投影、強制2点透視投影、視野角、スクリーン設定による断面表示

特殊効果の機能

背景画像の合成、全天空への空画像の配置、フォグによる遠近感表現、レンズフォーカスによる遠近感表現、線画表現の混在、パノラマインサイド、パノラマアウトサイド

アニメーション機能

視点の動き、物体の動き、光源の動き、フェードインフェードアウト、映像のマッピング、背景の変化、スクリーン位置の変化、視点経路や速度の局所コントロール、フィールドレンダリング

作画機能

アンチエイリアシング、部分レンダリング、デュアルプロセッシング、バッチレンダリング、ネットワークレンダリング

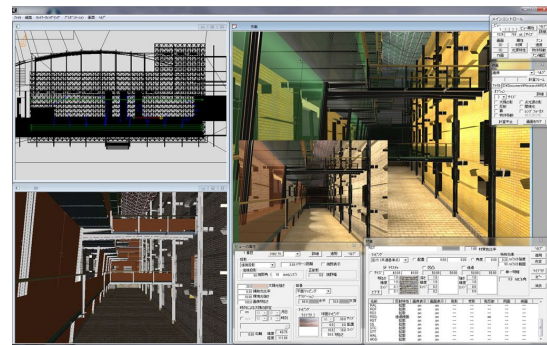


図1 開発ソフトウェア「Frend」の操作画面

このソフトウェアを実現させる過程で研究開発した機能のうち、代表的なものについて記す。

(2) 間接光シミュレーション機能の開発

レンダリングの計算時間は、特に相互反射を考慮した間接光計算での負荷が大きい。通常のCGでは、光源から物体に直接到達する直接光成分(図2)のみを扱うが、特に建築分野でのデザイン検討への適用では、実世界をシミュレーションするために、光源からの光が周囲の物体で反射した後で到達する間接光成分(図3)も含めて計算することが不可欠である。しかし、間接光計算は、図3に示すように計算の複雑さとそれに伴う計算時間の負荷が膨大である。そこで、CGをデザイン検討ツールとして活用するために、間接光計算を高速に処理するアルゴリズムを研究開発した。図4は従来の直接光成分のみの計算による画像例であり、本研究で開発した間接光成分も含めた計算アルゴリズムで計算した結果が図5である。図4と図5の画質の違いが示すように本研究により大幅なリアリティの向上を実現させた。

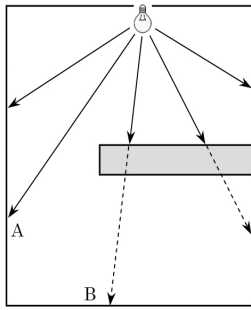


図2 直接光成分

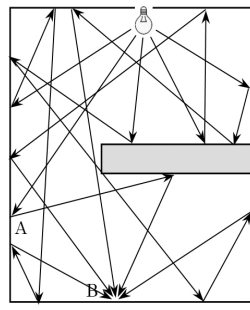


図3 間接光成分

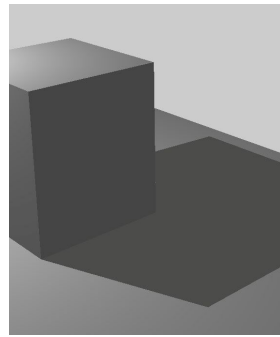


図6 従来の影

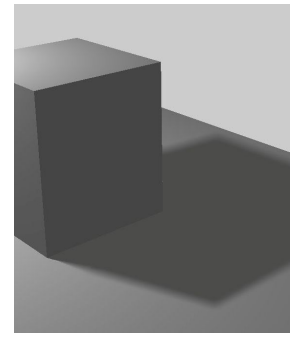


図7 本研究による影



図4 直接光による従来の計算例



図5 本研究による計算例

(3) 点光源による半影表現の研究開発

点光源では、影である部分と影でない部分が明確に区別されるのに対し、面光源は、光源からの光が全て到達する部分と完全に遮られる部分との間に、面光源の光の一部だけ到達する部分（半影）が生じる。半影が加味された面光源計算の画像の方がより現実に近いのは明らかであるが、面光源の影を計算するには膨大な計算時間が必要となる。そこで、計算高速化のために、面光源を点光源で近似して計算するアルゴリズムを研究開発した。これによって、点光源の高速な影計算時間で、半影によるリアルな影表現を実現した。図6は点光源による従来の影表現の例、図7は開発アルゴリズムによる点光源の半影

表現の例である。同程度の計算時間で、より自然な影の表現を実現させた。

(4) GPGPUによる高速化検討

CGのレンダリング計算技術は、近年ますます高度化し、それにともない計算時間が増大していることが、デザイン段階でのCG利用のネックになっている。近年はCPUの計算性能の向上があまり期待できなくなっている状況の中で、これまで特殊な用途のためのものであったGPUが汎用的な計算処理に利用できる道が開けてきた。計算時間のかかるCG計算処理をGPUで行うことができれば、計算時間が飛躍的に向上し、設計プロセスの効率化が期待できる。そこで、GPUで計算するにはどのようにコーディングするのか、GPU化によって高速化がどの程度期待できるのかを検討した。

GPUの演算資源を汎用計算に応用する技術であるGPGPUの開発環境として、OpenCLとCUDAがあり、本研究ではCUDAを採用した。

レンダリング機能を鏡面反射と影だけに制約した基本的レイトレーシングによる計算時間測定用テストプログラムを作成して、GPGPU化の効果を検討した。図8が計算時間測定のために作成したベンチマーク画像で、表2がその測定結果である。測定に使用したGPUは、NVIDIA GeForceのGTX580、比較対象のCPUは、Core i7-2630QM 2.0GHzを使用した。

表2を見るとCPU計算とGPU計算の計算時間の差は顕著で、1024×768サイズで94.7倍の高速化を達成している。特に、計算時間がかかるものほど高速化率が高いことがわかり、GPGPU化のもつ大きな可能性を明らかにした。ただしこの結果はプロトタイププログラムによる計算測定であり、レンダリングのフル機能を装備したプログラムで同程度の速度を実現させるには、今後更なる検討が必要である。



図8 ベンチマーク画像

表 2 CPU と GPU の計算時間比較

画像サイズ	CPU 計算 (i7-2630QM)	GPU 計算 (GTX580)	速度比
256 × 192	2.7 sec	0.1 sec	33.1
512 × 384	10.5 sec	0.2 sec	69.9
1024 × 768	41.7 sec	0.4 sec	94.7

(5) 開発ソフトウェアの普及展開

本ソフトウェアを公開するホームページを開設し、デザイナーがインターネットを介してソフトウェアをダウンロードできる仕組みを構築した(図9)。またあわせて、ユーザビリティ向上のため約150ページの操作マニュアルの整備を行った(図10)。

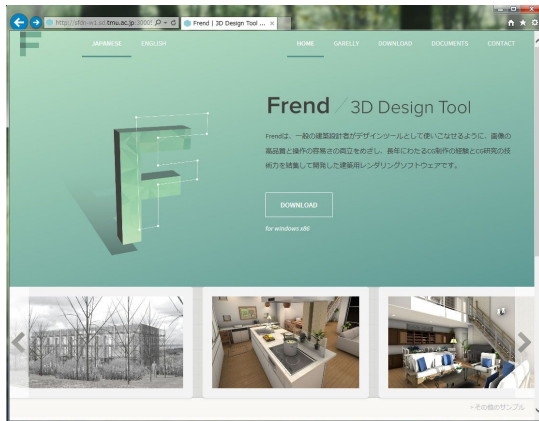


図9 Frendの公開サイト

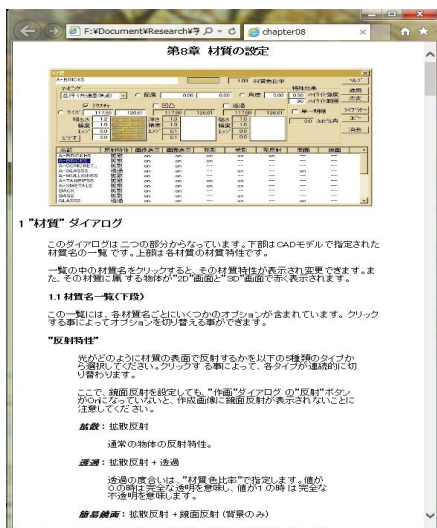


図10 操作マニュアル

以上、高品質と使いやすさの両立を目指したCGレンダリングソフトウェアを研究開発し、「Frend」ソフトウェアを実現させると共に、インターネットを介して開発ソフトウェアを普及展開する仕組み構築を実現させた。今後は本ホームページを通して本開発ソフトウェアを公開して普及展開し、産業界への貢献を図ると共に、ユーザーからのフィードバックを受けて、さらにユーザーの要望を

反映させたソフトウェアの改良を進める。また、本ソフトウェアの有効性を検証するために、使用するCGソフトウェアの性能の違いがデザイン作業の品質や効率に同様に影響するについても今後検討を進める。

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1件)

- (1) 丁慶松、高碩、笠原信一、「GPUを活用したCGレンダリング超高速処理システム開発のための予備実験 その1-GPUによる高速処理効果の予測-」、審査付き研究報告採用報告、日本建築学会、2012年6月、ISSN 1881-512X

〔学会発表〕(計5件)

- (1) 吉村ももこ、笠原信一、安藤大地、「レイトレーシングにおける半影表現の新しいアプローチ」、情報処理学会グラフィックとCAD研究会第154回研究発表会、2014年2月20日、理化学研究所和光本所(埼玉県和光市)
- (2) 黒田宙馬、笠原信一、安藤大地、「3Dインターフェースによるプレゼンテーションツールの可能性提案」、情報処理学会インタラクション2014、2014年2月28日、日本科学未来館(東京都)
- (3) 多々良友理、笠原信一、安藤大地、「モザイク画像の認知に関する考察とそれに基づいたグラフィックデザイン支援プログラムの開発」、情報処理学会インタラクション2014、2014年2月27日、日本科学未来館(東京都)
- (4) 丁慶松、笠原信一、「GPUを活用したCGレンダリング超高速処理システム開発のための予備実験 その2 並列処理最適化アルゴリズムの考察」、日本建築学会第83回関東支部研究発表会、2013年3月7日、建築会館(東京都)
- (5) 高碩、笠原信一、「GPUを活用したCGレンダリング超高速処理システム開発 その3 シングルGPUからマルチGPUへの拡張検討」、日本建築学会第83回関東支部研究発表会、2013年3月7日、建築会館(東京都)

〔ホームページ〕

- (1) 開発ソフトウェアFrendの紹介サイト <http://sfdn-w1.sd.tmu.ac.jp:30005>
- (2) 首都大学東京笠原研究室のサイト <http://sfdn.sd.tmu.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

笠原 信一 (KASAHARA SHINICHI)
 首都大学東京・システムデザイン学部・教授
 研究者番号：00433178