

平成 22 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19500092
 研究課題名（和文） コンピュータグラフィックス技術を用いた視認性の数値化・可視化システムに関する研究
 研究課題名（英文） Study on Visibility and its Visualization by CG Technology

研究代表者
 牧野 光則 (MAKINO MITSUNORI)
 中央大学・理工学部・教授
 研究者番号：90238890

研究成果の概要（和文）：

本研究では、ある地点からの目標物の見えやすさを「視認性」として数値化し、わかりやすく提示するシステムを開発した。第一に、目標物、視認主体(人間、カメラなど)、障害物の配置・材質、動き、ならびに照明状況を考慮の上、コンピュータグラフィックス(CG)技術を用いて定式化する。第二に、視認主体が人間の場合を想定して、医学的・心理的な要因に考慮した視認性の算出方法を検討した。第三に、対象空間ならびに得られた視認性の双方を CG 技術で効率的に可視化するシステムを開発した。

研究成果の概要（英文）：

This research project aims to numerical definition and visualization of "visibility" for objects watched by cameras/human. Firstly, applying computer graphics technology, we define the visibility in consideration of location, reflection/refraction characteristics, movement and lighting of a target object. Secondly, the visibility is extended when medical and/or psychological factors should be considered. Finally, the visibility is interactively visualized in the virtual space. The research is expected to contribute safety/security issues in urban space.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
2009 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：総合・新領域系

科研費の分科・細目：情報学、メディア情報学・データベース

キーワード：視認性、コンピュータグラフィックス、情報の可視化、レイトレーシング、
 社会の安全・安心、治安・防犯、バーチャルリアリティ、対話システム

1. 研究開始当初の背景

セキュリティが重要性を増している現代

社会において、視認の一種である監視についてはその過不足が問題となっている。すなわ

ち、不足していれば無意味であるし、過剰であればコストの問題やプライバシー侵害の恐れがある。少ないコストで適切な監視を行うことは、安心・安全な社会を構築するためにも不可欠である。また、道路設備の標識・標示の視認が重要なものというまでもない。さらには、屋内外に掲出される各種広告や建築物等の景観設計にとっても、視認はその効果を推測・決定する上で重要な要素である。このように、「様々な状況における視認性を適切かつ客観的に評価し、かつ、わかりやすく提示する」技術は大きな需要が見込まれる。様々な状況はシミュレーションによって、客観的評価は数値化によって、そしてわかりやすい提示は可視化によって達成される。このため、電子情報通信技術による視認性の数値化・可視化シミュレーション技法の構築が求められている。

監視の適切さを計る「美術館問題」は、2次元平面上の多角形の全ての辺(壁)が視認されるための、最少監視員数と配置を求める問題であり、数々の解法が開発されている。しかしながら、

- (1) 対象空間が2次元のため高さを考慮した視認となっていない(高い所にある物と低い所にある物とでは、通常低い物の方に対する障害物が多いため、視認性が異なる)、
- (2) 照明の具合を考慮していない(影に入っていれば視認性が低くなるはず)、
- (3) 対象物体の質感を考慮していない(黒い物体より白い物体の方が視認しやすいはず)、
- (4) 間接的な視認を考慮していない(鏡に映り込んだりガラスに透けて見えたりする場合には、直接視認している程ではないにしても、ある程度の視認性が見込まれる)

等に、現実との大きな相違点が見られる。

研究代表者はこれまで非線形システム解析とコンピュータグラフィックス(CG、可視化ならびにバーチャルリアリティ(VR)を含む)を主たる研究対象としてきている。CGにとって対象空間が3次元なのは当然であり、場合によっては時系列変化も表現の対象となる。この立場から視認性の問題をとらえれば、「CG技術を用いて視認性を数値化し、かつ、わかりやすく可視化する」という課題に帰着する。

2. 研究の目的

本研究では、ある地点からの目標物の見えやすさを「視認性」として数値化し、わかりやすく提示するシステムを開発する。このために、目標物、視認主体(人間、カメラなど)、障害物の配置・材質、動き、ならびに照明状

況を考慮の上、コンピュータグラフィックス(CG)技術を用いて定式化する。加えて視認主体が人間の場合を想定して、医学的・心理的な要因を考慮する。最終的には、対象空間ならびに得られた視認性の双方をCG技術で効率的に可視化するシステムを開発し、実用化を目指す。

本研究は、視認に必要な最少人数・配置を求める「美術館問題」とは異なり、与えられた状況における視認性を

- (1) 3次元空間への拡張、
- (2) 障害等の動き、
- (3) 照明の程度、
- (4) 映り込み・透過による間接視認、
- (5) 監視主体が人間の場合の医学的・心理的状況、

の5点を考慮して決定(数値化)することを目指す。

さらに、初期の監視主体位置からより視認性が高まる位置への移動技法の開発や、情景各箇所に対する視認性の概況を高速に求める技法も研究課題とする。これらの成果を通常のPCでの可視化やCAVE等での立体視化として実装することで、理論と実装のバランスを取る。

3. 研究の方法

3年間の研究期間中、年度毎に以下の計画を策定の上実施した。

[平成19年度]

1. 空間各所の視認性の数値化

これまでの視認性モデルでは、視認対象物が存在する特定の箇所に対する視認性を計算するものである。一方で、交通安全指導員から歩道各所を歩く児童が視認できるかなど、複数あるいは全域に存在する箇所の視認性を求める必要も存在する。これに対して現状のモデルをそのまま対応させると処理時間を要することが予想される。そこで、対象空間各所の視認性の概況を数値化し、かつ、可視化する技法を開発する。これにより、まず全体の状況を速報値として提示し、その上で詳細状況を必要とする箇所を利用者が指定し、従来のモデルあるいは本研究にて改良されたモデルを適用する、という2段階の提示手段を実現できる。概況の数値化手段としては、まず照明ならびに対象物の属性を考慮した直接視認の計算を最優先とし、間接視認については優先度を下げて対応する方針で検討する。

2. 医学的・心理的な要素を組み入れた視認性の数値化

現状の視認性モデルでは、幾何光学的な考えに基づいており、人間の光刺激の受容性や

心理的要因による視認性の変化が考慮されていない。そこで、医学研究者、視覚画像処理の研究者、ならびに感性工学の研究者から助言ならびに資料提供を受け、モデルを点検し、必要な修正・追加を行う。この際、処理量の増大を避けるために、視認性に影響を与える要素の順位付けを行う。

3. 対話的な可視化システムの構築

本研究は最適な視認性を得られる状況を解として提示するものではない。このため、監視位置を変更すれば視認性がどのように変化するかを利用者に提示し、適切な位置への移動を誘導する必要がある。このため、本研究で改良するモデルに基づき、監視位置の自動変更による視認性の向上を探索する技法を開発する。方針としては、各所の視認性をスカラー場の一種と位置づけ、周囲との差分で視認性の変動を検出する。また、1.で実施する空間全域での視認性計算と連携し、概略値からより良い位置を探索する技法についても検討する。加えて、(a)既存の電子地図に連携させて可視化するシステムの設計・試作を行う。特許として考案し、現在までに構築したシステムは試験用であり、情景の一部／全部の変更は手間がかかる。このため、容易に利用可能とは言いがたいので、対話性の充実を図る。その際、直接的視認のみによる視認性を用いることで高速化を図れるか、検討する。また、(b)立体視装置に可視化システムを実装するための設計・試作を行う。この場合、文字情報の出力方法について特に検討する必要がある。

[平成 20 年度]

平成 19 年度の研究で得られた成果・課題をもとに、以下の 3 点について引き続き研究を推進する。

1. 空間各所の視認性の数値化
2. 医学的・心理的な要素を組み入れた視認性の数値化
3. 対話的な可視化システムの構築
4. 周囲とのコントラストなどを考慮した視認性の数値化

加えて、以下の項目について研究に着手する。

現状の視認性モデルでは、周囲とのコントラストを考慮しておらず、視野内に十分な大きさで視認対象物が存在することを仮定している。そこで、より小さな視認対象物を扱うために、コントラストを考慮して短時間で数値化可能なモデルを検討・構築する。

[平成 21 年度]

平成 20 年度までに検討・構築した手法・プロトタイプシステムを可能な限り統合し、一つあるいは少数の情報可視化システムと

して実装する。この際、電子地図を用いた実験・検証を学生モニタに依頼して重点的に行う。この結果から、電子地図との融合の程度、立体視の効果、対話性の程度について点検し、必要に応じて改善する。また、具体的な事例への適用を試みる。実験結果を踏まえて本研究を総括し、今後の研究の方向性や実用化の観点から考察する。

1. 空間各所とのコントラストなどを考慮した視認性の数値化
2. 医学的・心理的な要素を組み入れた視認性の数値化
3. 対話的な可視化システムの構築
4. 周囲とのコントラストなどを考慮した視認性の数値化

4. 研究成果

1. 「空間各所とのコントラストなどを考慮した視認性の数値化」については、金属やプラスチックなどの鏡面反射成分が大きい部材が被視認対象の場合に、ハイライトや多物体の映り込みが視認を妨げる要因になることを考慮した数値化手法を構築した。この結果、単に物体が存在するかどうかという視認性の算出に加えて、対象物体表面を認識できるかどうかという視認性の算出の二通りがほぼ同様の方法により可能となった。また、初期視認地点より視認性が向上する周囲地点の効率的な探索方法を構築した。さらに、被視認対象を領域各点に拡張した場合の効率的な算出方法を構築し、ある地点からどの地点が視認しやすいのか等の比較を可能とした。

2. 「医学的・心理的な要素を組み入れた視認性の数値化」、RGB3 原色を同列に扱っている提案手法に対して、色等が人に与える印象・効果について調査した。この結果、個人差が大きいものの一般的な傾向を視認性算出に組み込むことは可能との結論を得た。

3. 「対話的な可視化システムの構築」については、CAVE 上での利用を前提に検討を進め、複雑な操作を必要としない空間操作システムについて 2 種類を実装し、利用者評価により有効性を評価した。また、東京・有楽町付近の電子地図を用いて CAVE 上で対話的操作が可能であることもあわせて検証した。また、PC クラスタ上で GPU レンダリングを用いることにより、提案手法の関連技術であるレイトレーシング映像を高速生成できることを確認した。

4. 「周囲とのコントラストなどを考慮した視認性の数値化」については、周囲の色情報を並行して算出することにより、数値化された視認性を増減させることを試みた。一定の成果を得たものの、2. 「医学的・心理的な要素を組み入れた視認性の数値化」と統合の上での検証が必要であり、今後の課題として残

されている。

以上を総合するに、所期の目的である視認性の数値化に関する詳細化、ならびに、立体視環境への組み込みと高速描画については概ね達成したと判断できる。この結果、急速に普及が進んでいる電子地図を利用して対象物の視認性を計算する方法論を構築でき、理論と実装のバランスがとれた技術開発につながった。一方で、医学的・心理的な要素を具体的に視認性計算に組み込む際に、個人差をどう入力変数とするのか等については、本研究成果のさらなる高度化のために、より深い検討が必要である。

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 11 件)

1. Naoki Mochizuki, Mitsunori Makino, An Efficient Ray Tracing with LOD Control by Human Eyesight for Immersive Display System, Proceedings of 2010 International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT2010), CD-ROM, 2010.
2. Mikiko Koike, Mitsunori Makino, CRAYON A 3D Solid Modeling System on the CAVE, Proceedings of 2009 International Conference on Image and Graphics (ICIG2009), pp. 634-639, 2009. (IEEE Xplore 掲載).
3. Mitsunori Makino, Definition of Visibility in Three Dimensional Space by CG Technology for Security Cameras/Guards, Proceedings of 2009 International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2009), CD-ROM, 2009.
4. Yusuke Suga, Mitsunori Makino, A Non-haptic Input Interface for Immersive Systems, Proceedings of 2009 NICOGRAPH International, CD-ROM, 2009.
5. 池田正彦, 牧野光則, 都市空間における高周波電磁波伝搬提示システムの没入環境下での実現, 芸術科学会第 24 回 NICOGRAPH 論文コンテスト論文集, CD-ROM, 2008.
6. Koji Nakayoshi, Mitsunori Makino, A Calculation and Visualization of Attention with Walkers' Eye Movement based on Human Vision, Proceedings of NICOGRAPH International 2008, CD-ROM, 2008.
7. Taiki Kanai, Mitsunori Makino, A Visualization and Interactive Manipulation of 3D Digital Map on Immersive Display System, Proceedings of International Workshop on Advanced Image Technology 2008 (IWAIT2008), CD-ROM, 2008.
8. Jun Otsuka, Mitsunori Makino, An Interactive Visual System of Visibility with Searching Better Viewpoint, Proceedings of International Workshop on Advanced Image Technology 2008 (IWAIT2008), CD-ROM, 2008.
9. Sayaka Isozaki, Mitsunori Makino, A Visual Simulation of Effectiveness of Security Cameras, Proceedings of International Workshop on Advanced Image Technology 2008 (IWAIT2008), CD-ROM, 2008.
10. 松本茂, 牧野光則, 視覚特性を利用した詳細度制御による没入型システムでの高速表示, 芸術科学会第 23 回 NICOGRAPH 論文コンテスト論文集, CD-ROM, 2007.
11. Mitsunori Makino, A Direct/indirect Visibility of Objects in Three Dimensional Space by Ray Tracing, Proceedings of 4th International Conference on Image and Graphics (ICIG2007), pp. 938-942, 2007 (IEEE Xplore 掲載).

[学会発表] (計 1 件)

1. 牧野光則, 体験する技術—バーチャルリアリティからの発想, 日本デザイン学会平成 21 年度秋季企画大会, 拓殖大学文京キャンパス, 2009 年 11 月 15 日.

[その他]

牧野研究室ホームページ

http://hawk.ise.chuo-u.ac.jp/index_j.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

牧野 光則 (MAKINO MITSUNORI)
中央大学・理工学部・教授
研究者番号: 90238890

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者