

実世界シミュレーションにおける階層構造を利用した 視覚化手法について

井前 吾郎* 古市 昌一* 重野 寛* 岡田 謙一*

近年、災害時における市民の行動をシミュレーションすることにより、実際に災害が発生する前に予測を行い、被害を最小に抑えるといったことが研究されている。しかし、シミュレーションの計算量は増加する傾向にあり、また、解析結果も複雑になる傾向もあることから、解析結果をすばやく表示することが困難となり、また、解析結果を理解することはユーザにとって大きな負担となっている。そのため、シミュレーションの手法だけでなくシミュレーション結果の視覚化手法についても検討すべきであると考えられる。そこで、本稿では、実世界シミュレーションの結果において、階層構造を利用した視覚化手法について検討を行う。

Visualization technique using the layered structure in a real world simulation

Goro Inomae* Masakazu Furuichi* Hiroshi Shigeno* Ken-ichi Okada*

By carrying out the simulation of the action of the citizen at the time of a calamity in recent years, it predicts, before a calamity actually occurs, and suppressing damage to the minimum is studied. However, the tendency for the amount of calculation of a simulation to tend to increase, and for an analysis result to also become complicated also serves as a burden for a user with big it becoming difficult to display an analysis result quickly, and understanding an analysis result from a certain thing. Therefore, it is thought that the visualization technique of not only the technique of a simulation but a simulation result should also be considered. Then, this paper examines the visualization technique which used the layered structure for the result of a real world simulation.

1 はじめに

近年、実際に災害が発生する前に予測を行い、被害を最小に抑えるために災害時における市民の行動をシミュレーションする実世界シミュレーションといったものが研究されている [1]。例えば、RoboCup-Rescue[2] は、大災害における救命救助問題という普遍的かつ重要な社会問題に対して、情報科学、人工知能、ロボット工学の最先端技術を適用しようとするものである。

しかし、これらのシミュレーションの計算量は増加する傾向にある。また、解析結果も複雑になる傾向もあることから、解析結果をすばやく表示するこ

とが困難となり、解析結果を理解することはユーザにとって大きな負担となっている。そのため、シミュレーションの手法だけでなくシミュレーション結果の視覚化手法についても検討すべきであるといえる。

そこで本研究では、実世界シミュレーションのシミュレーション結果において、レイヤー構造を利用した視覚化することで計算量を削減し、また、シミュレーション結果から有用な情報を発見しやすくするための視覚化手法について検討を行う。

以下 2 章では既存の実世界シミュレーションにおける技術について述べ、3 章にて提案の概要について述べる。そして、4 章で提案に関する考察を行い、5 章をまとめとする。

* 慶應義塾大学 理工学部
Faculty of Science and Technology, Keio University

2 関連研究

2.1 シミュレーションにおける視覚化

既存の実世界シミュレーションにおける視覚化はシミュレーション対象に沿ったものとなっている。例えばロボカップサッカーの場合はフィールドとサッカープレイヤーである [3](図 1)。しかし、既存の実



図 1: MagicBOX

世界シミュレーションのシステムではフィールドが大きすぎるために、全体概要の把握が困難であるという問題がある。

例えば、ロボカップサッカーの例(図 1)ではボールを持っているプレイヤーの周囲のみを表示しているために全体のプレイヤーの動きが分からないといったことがいえる。また、仮に全体表示をした場合では、逆にボールを持っているプレイヤーが認識しにくいといった問題がある。そのためにコンテキスト技術を利用した視覚化が必要であるといえる。

しかし、ユーザは、好みにもよるが、全体概要もしくは局所的な情報のみを主に閲覧しておきながら、必要なときに全体概要の情報を見らといったことを行っている。そのため、既存のコンテキストシステム [4] のように常にどちらも表示するといったことは、画面領域を最大限生かせないとともに、ウィンドの切り替え操作による全体概要の表示はユーザにとってはストレスと感じてしまうこともある。また、Windows の GUI のようにアクティブなウィンドを一番手前に表示すると、ウィンドを切り替える際にマウスなどのポインティングデバイスによって操作しなければならないといったこともあげられる。そこで、画面領域を最大限に生かしつつ、デバイスによる操作を行うことなく全体概要の情報を提供できるシステムが必要であるといえる。

2.2 計算量を削減する技術

既存の実世界シミュレーションでは、計算量が膨大になる傾向があることも問題である。エージェントの数を増加させてもストレスなく結果を得るためにマルチエージェントの研究がなされてきているが [6]、視覚化部分で 3D 表示等を用いればさらにマシンの負担は増加し、結果の表示は遅くなる。最近では情報視覚化を行う際に Grid Visualization を用いて描画に関する計算を分散させることが行われてきているが [7]、現在の Grid Visualization システムでは、例えば、計算量の膨大な 3D 画像の場合では、ボクセルデータの計算を行う際に各データを分散コンピュータに送信し、計算結果をサーバに集め、サーバ側でデータを集計して 3D 画像を作成している (図 2)。

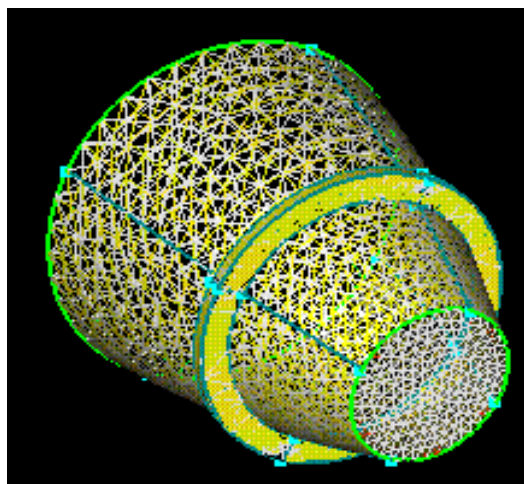


図 2: Grid Visualization による描画

このような手法では、計算量は削減されるが全体の描画速度はサーバの描画能力とデータの集計時間に依存してしまう。また、画像の描画に対して時間的同期を取る必要がないため、リアルタイムな描画を求められるシステムには応用できない。つまり、時間の同期を考慮していないので実世界シミュレーションの視覚化には向いていないといったことがあげられる。

3 シミュレーションにおける視覚化技術利用の提案

2 章にて、実世界シミュレーションにおける視覚化についての問題点と、視覚化を行う際に計算量が増加してしまうという問題点について述べた。

そこで本研究では以下の2点について提案を行う。

1. 計算量を削減するための視覚化手法
2. 実世界シミュレーションにおけるコンテキスト技術の利用

ここで、(1)により計算量を削減し、(2)により実世界シミュレーションの結果においてコンテキスト情報を提供する。

3.1 計算量を削減するための視覚化

3.1.1 階層構造を用いた視覚化

エージェントの数の増加と、インターフェース部分の計算量が増加しているためにリアルタイムな描画が出来ないことは先に述べた通りである。そこで、本研究ではインターフェース部分の計算量を削減し、よりリアルタイムな表示ができる手法を提案する。

具体的にはレイヤー構造を利用し、描画対象をレイヤーごとに分割し、各レイヤーを1つのPCに計算させ全体としてのパフォーマンスを向上させる(図3)。これにより、以下のような効果が期待できる。

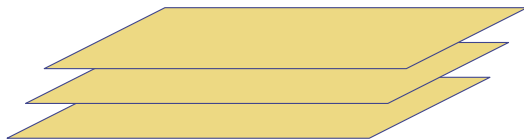


図 3: 改造構造による描画

- Grid Visualization を用いることによる計算量の削減
- レイヤー構造を用いた視覚化による計算量の削減
- 実世界の忠実な再現のみならず、デバッグ等のしやすい視覚化
- 実世界により即したかたちの視覚化

3.1.2 透過型ディスプレイを用いた視覚化

電子的なレイヤー構造を利用した視覚化は半透明な画像を重ね合わせており、色が重ね合った部分については計算によって色を算出している。(図4)そのため、現在のシステムでは計算速度がマシンの能

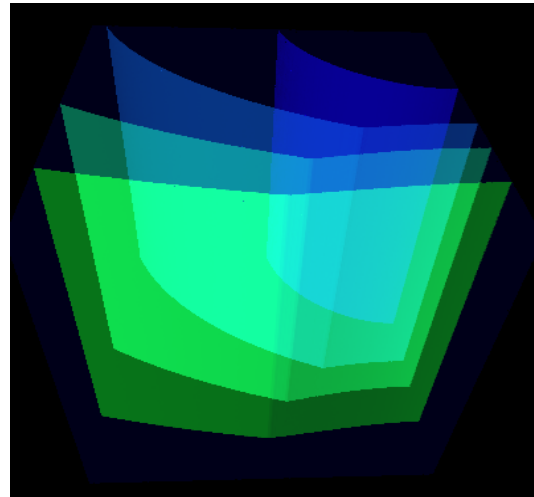


図 4: 電子的な重ね合わせ

力に依存し、また、色の合成のシミュレーションをしていることに等しいので実際にそのような色に見えるのかはわからないといったことがいえる。また、奥行きを感じにくいといった問題がある。

そこで、既存の手法のように、計算したデータをサーバに送りサーバで画像を作成するのではなく、透過型ディスプレイにより各レイヤーを投影する。これにより、サーバの負担は削減されると考える。また、色の3原色ではなく光の3原色による重ねあわせになるため、電子的な色の重ね合わせとは異なった視覚的効果が期待できるとともに、視差を使用するので奥行き感が得るのではないかと考える。つまり、以下のような効果が期待できる。

- 既存のグリッドビジュアライズとは異なった手法によるグリッド
 - * 既存の手法は3次元画像を作成するさいに、ボクセルデータの計算等をグリッドで行いそれらのデータがあるマシン(サーバ)が集計して3次元表示を行っている。しかし、この手法ではそれらの手法とは異なり、ディスプレイ側で結像している
- Alpha 処理といった計算をする必要がない
- 電子的に重ねた場合とは異なる見え方
- より質感のある視覚化
- 距離を意識した視覚化

3.2 コンテキスト技術の利用

透過型ディスプレイでは後ろにプロジェクタを配置しなければならないので 2 枚目もしくは普通のディスプレイとの間に隙間が出来るため視差が出来る。そこで、この視差とさらに 50 インチという大きさを生かし、コンテキスト情報を提示する。

具体的には、窓を覗き込むようにすることで見える領域に、隠れた情報を表示する(図 5)。これは人

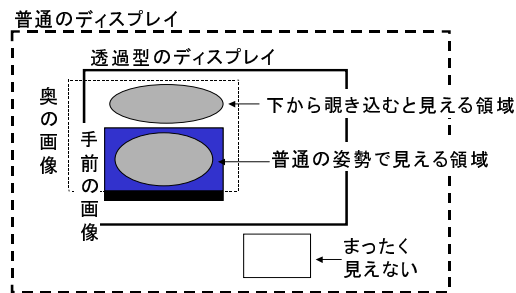


図 5: コンテキスト情報の提示

の習性を利用している。例えば、研究室の前をとおりるときに、ドアの窓からつい部屋の中を覗き見てしまうといった行動を再現することが出来る。これにより、隠れ情報を常に表示することにより、Outline を提供することや、あるいは Awareness を提供できる。例えば、Outline を提供する場合は局所的な情報は手前のディスプレイに表示しておき、全体概要は奥のディスプレイに表示しておく。同様にあまり重要でない情報でも、常に奥のディスプレイの端で表示しておくことで、ふと気になったときや、なんとなく情報を目に入れることが可能となる。

4 試行実験および考察

4.1 試行実験

上記の提案に関して透過型ディスプレイを用いることで、どのような視覚的効果が得られ、また、実際にどのように見えるのかを実験した。実際の画面の様子を図 6 に示す。画面の構成としては奥に普通のディスプレイを配置し、前面に透過型ディスプレイを配置し、数人に画面について述べてもらった。その結果以下のような回答を得られた。

- 奥行きが感じられる
- 前面のディスプレイに注目していても後ろのディ



図 6: 透過型ディスプレイの様子

スプレイで動きがある場合は動きにかんする情報は得られる

- 頭の位置により後ろのディスプレイの見える部分が異なる
- 前面のディスプレイの明るい部分に関しては後ろのディスプレイの情報は詳しくは得られない

4.2 電子的な重ねあわせとの相違

4.1 より電子的な重ねあわせと異なり距離感といったものが感じられるということが確認できた。この要因として視差といったものの影響が大きいといったことが考えられる。これは、裸眼立体視の研究において示されているように、人間が物体を立体的に捕らえるには、視差が必要であるということ、視野をある程度占める必要があるという 2 つの条件を満たしているからである。また、光学的な重ね合わせも要因であると考えられる。CRT(Cathode Ray Tube いわゆるブラウン管)は、入力されたシグナル強度に応じた電子線を蛍光面に当てることで光るが、その輝度はシグナル強度には正比例せず、シグナルの小さいところでは期待される明るさよりも暗めに表示されてしまう [8] (図 7)。つまり式で表すと(輝度) = (シグナル強度) となる。この指数は「ディスプレイのガンマ値」と呼ばれるものであり、この値の大小によって中間調の明るさが決まる。ここで、人間の目には暗い色に敏感であるという特性があるので、普通は $\gamma = 1$ とはせず、 $\gamma = 2.2$ や $\gamma = 1.8$ を用いている。また、CRT は重量や真空に耐えうる強度を得る構造上の制限などから、36 インチ程度が限界となる。そのため、40 インチ以上の大画面には

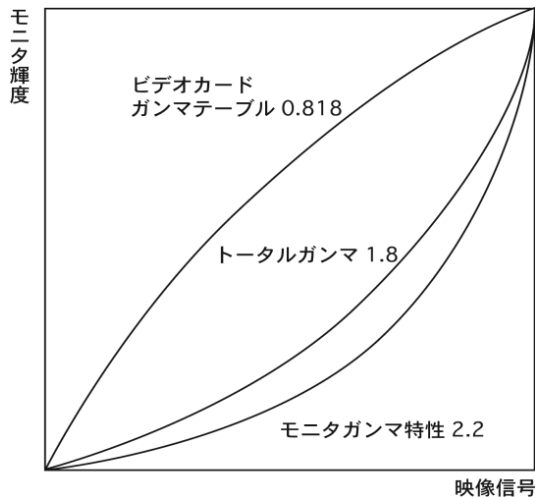


図 7: ガンマ特性

プラズマディスプレイパネル，リアプロジェクションTV，フロントプロジェクターといった電子銃を用いない方式が必要となる。

一方，液晶ではカラー表示原理の違いから，カラー液晶ディスプレイパネルの色再現特性はCRTとは異なり独特の色再現特性となっている。簡潔に述べると以下のような色再現特性がある。

- 入力レベルが低くなるに従い，色再現範囲が小さくなる
- 入力レベルが低くなるに従い，無彩色の色温度が高くなる
- 入力レベルをゼロとしても透過光がある

これらの特性は液晶素材の性質や，LCDパネル構成上の光学素子である偏光板の光学特性に起因すると考えられる。これらの特性は液晶素材の性質や，LCDパネル構成上の光学素子である偏光板の光学特性に起因すると考えられている。このため，入力デジタル値をゼロとした場合，青色に偏った光漏れがあり，黒であっても色度図上で色度点をもつことになる。

このように，メディア間でガンマの整合が取れていないとそれぞれの色味が変わってしまい，正確な色再現が出来なくなる。そのため，プロジェクタという光学的な色の重ね合わせが，人にとって色の再現性に適しているために4.1のような回答を得られた。

5 まとめ

本研究では実世界シミュレーションにおいて透過型ディスプレイによる階層構造をもちいることで，計算量を削減し，コンテキスト情報を提供することを提案した。今後は，実際のシミュレーション環境にて評価を行うことで，本提案の検証を行っていく。

参考文献

- [1] 古市昌一，和泉秀幸，分散シミュレーションのための統合基盤アーキテクチャHLAの紹介，情報処理学会論文誌，Vol.41 No.12
- [2] <http://www.robocup.org/>
- [3] <http://wrighteagle.org/appdev/>
- [4] Card, S. K., Mackinlay, J. D., Shneiderman, B., Readings in Information Visualization - Using Vision to Think, Morgan Kaufmann, 1999.
- [5] M.R.Genesereth, N.J.Nilsson, Logical foundations of artificial intelligence, In Morgan Kaufmann, 1987
- [6] Suzuki, R., Arita, T, Effects of Information Sharing on Collective Behaviors in Competitive Populations, Proceedings of the Eighth International Symposium on Artificial Life and Robotics, pp. 36-39, 2003.
- [7] <http://www.sgi.com/>
- [8] わかる画像工学，赤塚孝雄，稲村實，桂井浩，日新出版，1999