

オブジェクト指向の概念を導入した グラフィックス表現法

新谷 学、畠山 正行

茨城大学工学部情報工学科

オブジェクト指向の概念を導入したグラフィックス表現方法論とその実現法について述べる。従来までのグラフィックス表現法というのは、データ構造化された集合を基本単位として、グラフィックス表現させるという方法でグラフィックス表現をしてきた。しかし本稿における方法論及び実現システムにおいては、実世界の「もの」をオブジェクト（カプセル化されたデータ構造とメソッドのモデル化単位）を基本単位として、そのオブジェクトを表現・操作・制御・駆動させる。そしてさらにグラフィックス表現機構においても、上記のオブジェクトをグラフィックス表現するというコンセプトの下、新しいグラフィックス表現システムの構築を目指し、そしてある程度以上は実現することができた。

A Methodology for Graphic Expressions

Based on the Object-Oriented Paradigm

Manabu Shintani, Masayuki Hatakeyama

Ibaraki University

4-12-1, Nakanarusawa, Hitachi-shi, Ibaraki, 316 Japan

This paper presents a new methodology for graphics expressions based on the object oriented modeling paradigm. In the ordinary graphics expressions, data structures are treated as an expression unit. But, in our system, the encapsulated objects which consist of data structures and methods (operations) are treated as the expression unit. The modeling style, programming style, and graphic expression style of this system are quite different from the ordinary graphic system. We aim at establish a new graphics expression system.

1. はじめに

1. 1 研究の発端

我々は、オブジェクトベースというパラダイムを共通基盤にした研究を行ってきた。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ オブジェクトベースとは分析レベルのオブジェクトモデルと同等のレベルで対象原世界に近いコンピュータ内における実現が為されていることを表現しているものと定義する。⁽²⁾ その目的は、例えば、物理的な世界を対象原世界としてオブジェクト指向一貫モデリングパラダイムでモデル化・実現することにより、従来よりも遙かにモデリングのレベルの高い対象原世界に対する（広義の）シミュレーションを実現することにある。本報告にはその一環として、再現され・駆動されているオブジェクトベース再現世界の視覚的な側面に対する表現方法論とその実現を述べる。⁽³⁾

まず我々は物体からの「光の挙動」を正確に捉え、これを再現シミュレーションすることを考えた。光は種々の物体等から直線的に延びてきて、人間の目に至る。そして網膜に映る。まずこの現象のなるべく忠実な機構のオブジェクト指向的な再現を試みる。オブジェクト指向、ひいてはオブジェクトベースに基づいて構築され再現された対象世界においては、光及びそれを感じる（認識ではない）視覚に関する仕掛及び表現は如何なるものになるべきなのか？ また、如何に真にオブジェクト指向的なあるいはオブジェクトベース的な実現が、出来るものかを考察する。出来るならば、真にリアルな光の挙動と対象世界の光に関する集約としての目（網膜）に映る筈の視界の再構成を試みたい、というのが我々のこのテーマに対する興味であり、研究動機の原初であった。言い換えれば、光の挙動のシミュレーションであり、これをオブジェクト指向的に実現してみたら従来とは異なった視点からの対象世界のグラフィックス表現が可能になるのではないか？ というのが動機であり、アイデアであった。もう1つの動機は、オブジェクトベースシミュレーションが駆動を開始した際、その視覚化表現部分に関する手法、あるいは突き詰めて言えばグラフィックス表現モデルに対する疑問が湧いてきたことも動機であった。⁽²⁾

1. 2 オブジェクト指向シミュレーションとグラフィックス

従来からのシミュレーションにおいては、グラフィックス表現はいわば結果データを表現するだけの二次的な存在であった。まず第一義的には、再現された対象世界が対象原世界の充分精密なモデル化されたものの再現としてその構造と機構を静的及び動的な意味においてシミュレーションしていなければならない。少なくとも従来はそう考えられてきた、と思う。確かに、対象原世界の構造や機構を忠実に再現せずして例えばグラフィックス表現は意味がなくなる。

しかし、オブジェクトベースシミュレーションにおいては、対象世界の忠実な再現という点においては、従来のシミュレーションよりも遙かに再現精度の高いものとなっている。特に、手続き型のプログラミング言語では記述困難なほどの複雑な対象世界のシミュレーション、動的にその構造や振舞い機構が変化したりユーザの干渉により変更したりすることが必要な対象世界のシミュレーション、等についてはオブジェクトベースシミュレーションは現在最も威力を発揮するアーキテクチャであると考えられる。その様な場合においては再現された対象世界の視覚的側面や振舞いの視覚的表現というものが、「シミュレーションの表現の一部として」対象世界の忠実な再現さるべき欠くべからざる一側面となる。また対象世界が特に物理世界であれば、その視覚的表現や視覚的表現をされた対象への干渉・制御といったものが、対象世界に対するリアルな存在感・実感（対象原世界がWS内に閉じ込められているという実感）を持つためにも必要になってきている。またそれはオブジェクトベースシミュレーションにおいては理論上はほぼ充分可能であることが証明されているし、実際にも既に発表された研究実例からかなりの程度実証されている。

つまり、オブジェクト指向グラフィックス⁽³⁾とは対象世界の（広義の）シミュレーションにおいてその一部である光学的現象過程の追跡の再現シミュレーションと同義であり、グラフィックス表現はその成果として自然に得られるものである、という位置づけが出来よう。従って、オブジェクト指向グラフィックスに課せられる成立条件としては、

1. シミュレーションの再現の流れの中から自然とグラフィックス表現されるべき機構が動的に構成され、その機構を通じてグラフィックス表現されるべき部分が「結果的に作られるグラフィックスではなく、再現シミュレーション過程から自然に生成されるグラフィックス」として表現されること。

2. グラフィックス表現のための基盤機構は対象世界の光学的な機構を（現状ではできる限り、としか言えないが）そのままシミュレーションしたものであるべきこと。それはたとえ、従来の手続き指向においては冗長で意味が無いと思われても、対象世界に存在すればそのまま構築し・存続させておくべきものである。（そのモデル化精度の高さがやがてその対象世界の極めて柔軟性が高く、またバリエーションの豊かな世界の駆動及び表現の基礎になる。）

が挙げられよう。オブジェクト指向グラフィックスをその一部として含むオブジェクトベースシミュレーションのイメージ図を図1に掲げる。この様な狙いは次のような二つのモデリング過程を一貫したオブジェクト指向モデリング過程として実現することで実現されよう。

1. 対象世界（オブジェクトベースにより再現されたもの）がアイオブジェクトの網膜に写るまでを分析し、オブジェクト指向モデルを駆使して計算論的にシミュレーションを行うモデルを作る。オブジェクト指向計算光学ともいうべき分析モデリング過程。

2. 分析モデル・実現モデルの仕掛から、最終的にグラフィックス表現にモデル変換する必要が出て来る。そのグラフィックス表現に至るまでの仕掛もオブジェクト指向に基づいて実現される。オブジェクト指向グラフィックスというべき再現モデリング過程。

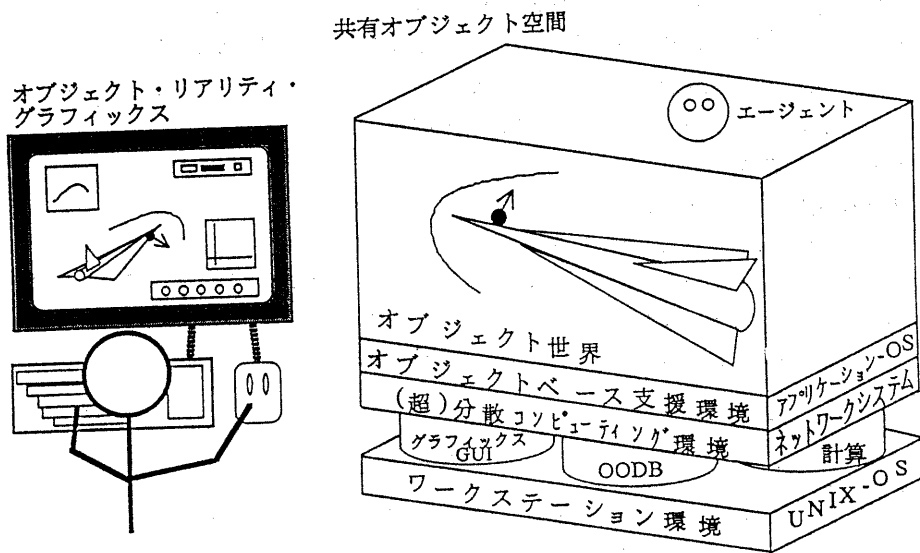


図1 オブジェクトベースシミュレーション

1.3 従来のグラフィックスとの違い

切り切ってしまうと、結果重視（従来型）か、再現過程重視（オブジェクト指向型）か、という点にある、と言えようか。グラフィックス表現は本来は自然の光学的現象を過程を忠実に追跡した成果として得られるものであって、得られる結果がこうなる筈だからと理論的推論して考えて、途中の光学的振舞いの過程を省略し、そのなる筈の結果だけを表現する方法を（表面的に）作り上げてしまうべきではない、というのがオブジェクト指向グラフィックスの基本的な考え方である。対象世界での原現象に対する再現信頼性を失わせることになるからである。例えて言えば、証明無しで定理を提示するようなものである。結果としては正しいかも知れぬが、納得は得られにくい。この事はオブジェクト指向シミュレーションと手続き型シミュレーションの違いでもある。

1.4 オブジェクト指向グラフィックスの特徴

オブジェクト指向グラフィックスの根本的な特徴はオブジェクト指向の特徴そのものである。つまり、視覚化に必要な各要素は各オブジェクトに内蔵され、各オブジェクトは、オブジェクトベース世界内にアイオブジェクトが存在すればそれに対して自オブジェクトの各種座標や光情報をおくり、アイオブジェクトはその光情報を再構成してグラフィックス表現に変換してウィンドウオブジェクトに送って表現させる。最後のウィンドウオブジェクトを除けば、人間の視覚機構の近似モデルそのものであり、実際、オブジェクト指向グラフィックスはかなりこれに近い形で実現されている。従って、従来のグラフィックスには困難であったいくつかのグラフィックス表現が可能になっている。

1. グラフィックス表現に至るまでの過程において対象世界そのものが未知な（まだ誰も見たことのない、どの様に見えるか確実な推測が困難）場合。
2. 光学的な未知要素が含まれている過程。
3. グラフィックス表現理論上の「未知なる要素」がある場合、

等においてその素過程が分かっている限り、オブジェクト指向グラフィックスは実現において有効である。つまり、表現対象または表現過程に未知の要素が横たわり、対象世界からの幾何光学的、グラフィックス表現の過程に関する精密性、信頼性を可能な限り高めてそれに対する自然な結果を導く（作る、という感覚ではなく）しかほかに方法が無いと考えられる場合に有効であると言えよう。また、オブジェクトベースシミュレーション⁽²⁾から分かっている特長として表現対象が

1. きわめて複雑な場合、
2. 動的な変更の必要な場合、
3. ”もの（オブジェクトモデル）”を物として扱いたい場合

において、オブジェクト指向パラダイムが従来型のスタイルよりも遙かに有効であることが分かっている。オブジェクト指向グラフィックスの実現においてはまだこの域に達してはいないが、オブジェクト指向グラフィックスの写像再現の仕掛及び過程から考えてこの特長はオブジェクト指向グラフィックスにも確実に現れると考えられる。

1.5 研究の目標・狙い

本テーマにおける最終的目標としては、計算光学的に実現可能な高度なレベルのモデルを基礎にし、その光学的な振舞いと処理についての再現過程まで正確にシミュレーション出来る様などという意味でのリアルな光学的実装及び駆動を実現することである。その結果を可視化するだけでオブジェクト指向グラフィックスは充分に実現されよう。その目標を達成するには極めて精度のよいシミュレーションを再現

する必要に迫られるが、それはオブジェクト指向一貫モデリング過程に基づくシミュレーションが最適である。現状ではその技術は全くの発展途上にあるが、究極的な方式としてオブジェクト指向、あるいはオブジェクトベース以上の方式は現状では考えられない。

また、オブジェクト指向グラフィックスにおいては、グラフィックス表現そのものの経のアクセスがオブジェクトへのアクセスとして直接に認識され、実世界における見える（可視化された）物体と同様に振舞いかつ扱うことが可能となるグラフィックス表現機構であると考えている。

2. オブジェクト指向グラフィックスの理論

---光の挙動と網膜への投影までの分析モデル---

本章の記述は、参考文献（3）における視覚機構の分析とその再構成基本モデル、およびオブジェクト指向グラフィックスの理論と基本的に全く同一であるので、紙幅の関係で残念ながら省略させて載せます。

3. オブジェクト指向グラフィックスの実現

3. 1 実現モデル

ここでは、実際に実現した各オブジェクトの内部仕様、およびオブジェクト同士の相関関係について説明する。それらを図で表したものを図2に示す。

まず記述オブジェクトに関しては、内部データの主なものとして形（座標値）・色のデータ・後述するテクスチャオブジェクトを持ち、振舞いとして回転・移動メソッドを持つ。記述オブジェクトにはグラフィックス表現の機能はなく、自身に関するデータ（座標値・色）を発信するメソッドを持つだけである。

ビューオブジェクト、すなわちアイ・エージェント（目の代理物、図1中のエージェント）は、内部データとして視点と視線のデータを持ち、振舞いとしては視点の移動・視線の（回転による）変更を持っている。

表現オブジェクトは、記述オブジェクトとビューオブジェクトからそれぞれのポイントを受け取り、そしてそのオブジェクトの内部データを発信するメソッドによって記述オブジェクトやビューオブジェクトの内部データを獲得している。さらに表現オブジェクトは、その獲得した内部データの内、記述オブジェクトの3次元座標値とビューオブジェクトの視点・視線のデータから、各記述オブジェクトを2次元のスクリーン（ウィンドウ）に投影したときのスクリーン上の座標値を計算する機能を持っている。その様子を図で表したものを図3に示す。そしてそのスクリーン上の座標値を、表現オブジェクトは自身内部に持っている描画メソッドを通してグラフィックスウィンドウオブジェクトへ渡すのである。

オブジェクトに対してアクセスすることについては、現状のシステムでは、メニューオブジェクトなるものを作成し、その中のメニューをマウスで選択することでアクセスするという方法をとっている。現在までに実現しているメニューオブジェクトは、ビューオブジェクトのみをコントロールするだけで、記述オブジェクトに対するアクセス方法は実現されていない。

グラフィックスウィンドウオブジェクトは、表現オブジェクトから送られてきたスクリーン座標値や色のデータから、実際にディスプレイ上へのグラフィックス表現を行う。それにより初めてユーザの眼に「見える」ようになるわけである。

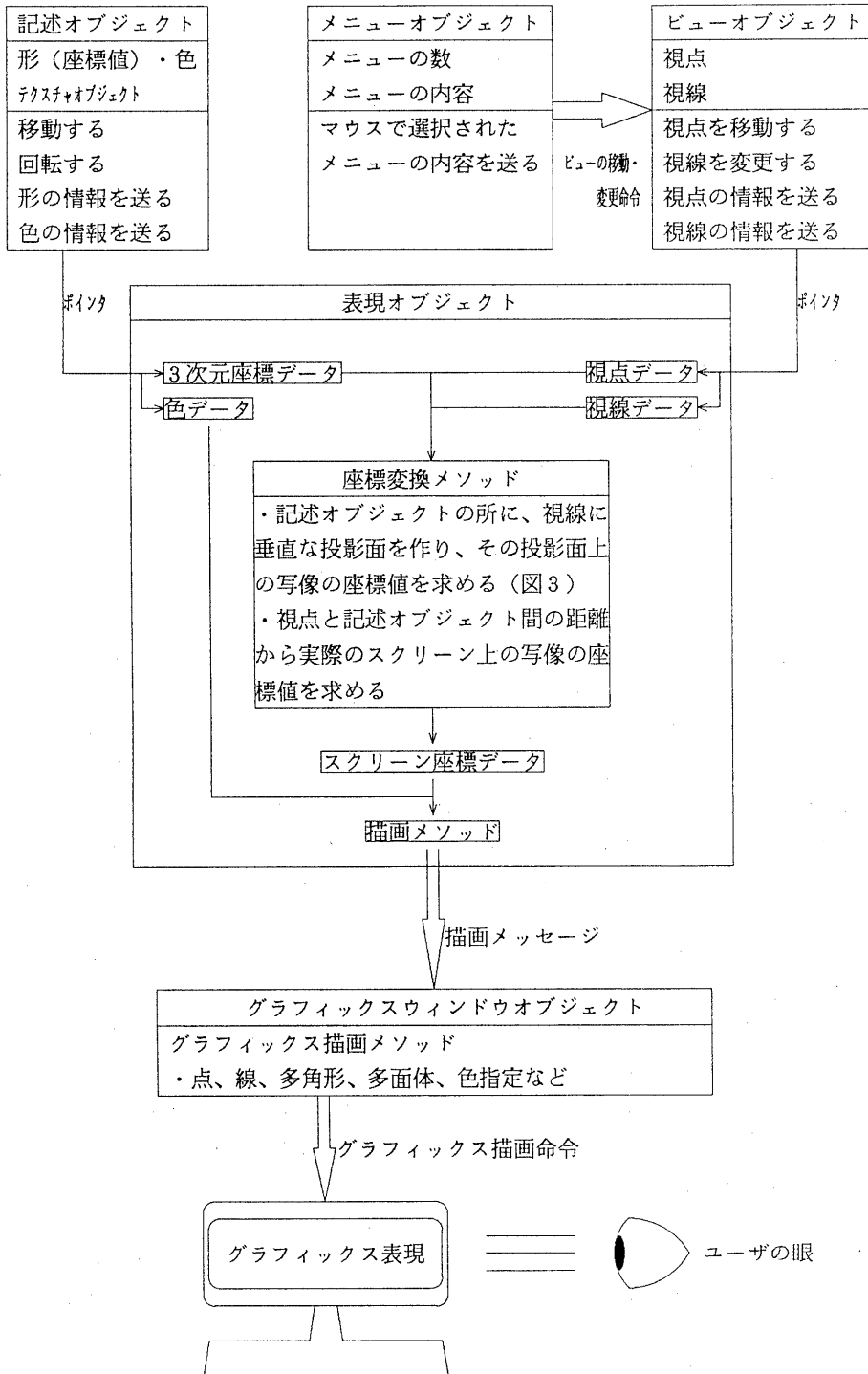


図2 再現世界のグラフィックス表現の実現モデル

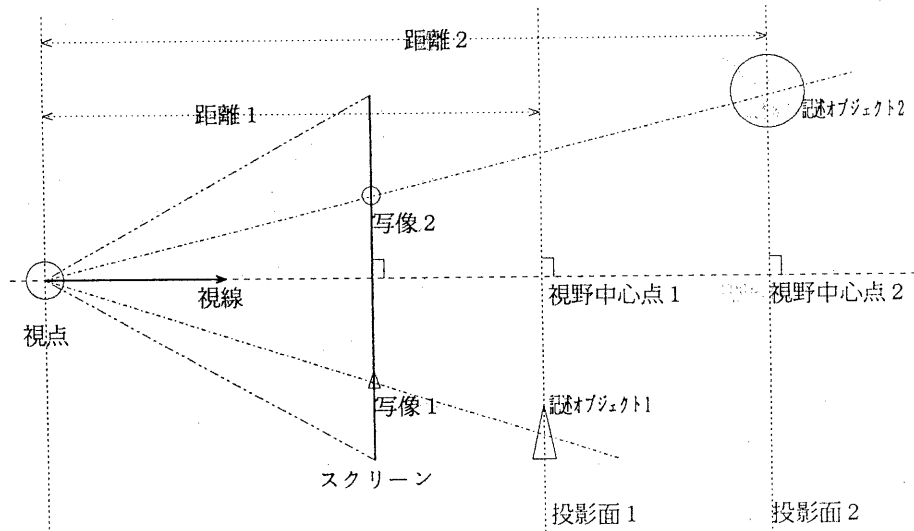


図3 3次元空間中のオブジェクトの2次元スクリーンへの投影

3.2 テクスチャマッピング

従来のテクスチャマッピングにおいては、テクスチャ平面と3次元オブジェクトとがそれぞれ独立して存在しており、プログラム上でこのテクスチャ平面をこのオブジェクトにマッピングする、ということ指定してきた。(3)(4) すなわち、1つのテクスチャ平面を複数のオブジェクトにマッピングすることができたわけであるが、このことはオブジェクト指向という観点から見ると、実世界のテクスチャマッピング、つまり1つしかない壁紙が複数の物体に張り付けられるというのと同じであり、壁紙は1つのオブジェクトの一部分となっているということ、とは異なっていると考える。

そこで本研究では、テクスチャに関するクラスを作成し、そのクラスの内部データとしてテクスチャの色データや大きさなどが、メソッドとして、テクスチャ平面が張り付いている3次元オブジェクトの回転や移動に伴うテクスチャ平面自体の回転・移動メソッドやテクスチャデータのグラフィックス表現を行うテクスチャ表現メソッドなどがある、という構成にした。このクラスのテクスチャオブジェクトは、テクスチャが張り付けられている3次元オブジェクト、つまり記述オブジェクトの内部データとして持たせている。これによりテクスチャ平面と3次元オブジェクトとが密接に連動しており、あたかもテクスチャ平面は3次元オブジェクトの一部分であるかのように振舞う。つまり、3次元オブジェクトが回転すればテクスチャ平面も同様に回転し、ビューオブジェクトが移動すれば3次元オブジェクト同様テクスチャ平面の見え方も変化する。その結果を図4に示す。

3.3 景観シミュレーション

本研究では、現状のオブジェクト指向グラフィックスシステムで実現できる1つの例として簡単な景観シミュレーションを行った。景観シミュレーションの世界内では、地面相当の平面上に直方体や三角錐などを組合わせた建物(オブジェクト)が存在している。そして、アイ・エージェントがその空間内を自在にブラウジングできるようになっている。その実現のグラフィックス表現を図5に示す。図1の対象世界(飛行体周りの流れ)が町に入れ替わったものに対応する。

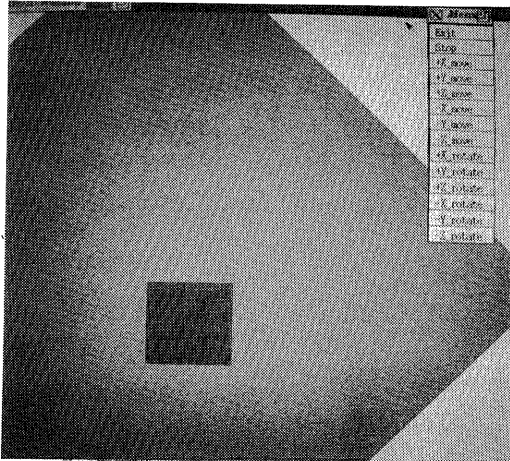


図4 テクスチャマッピングの実現例

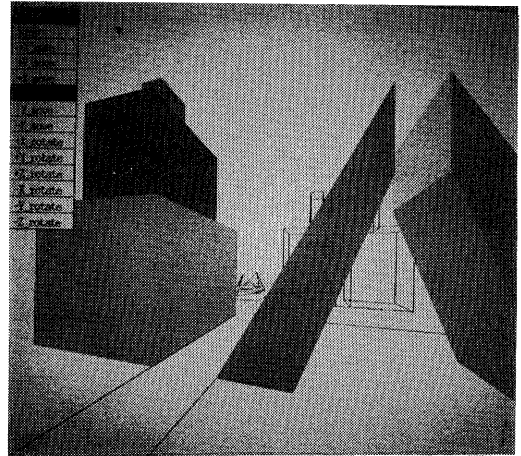


図5 景観シミュレーションの実現例

4. 考察、結論、次への課題

本論文の前半部分においては、以前のオブジェクト指向グラフィックスに対する我々の考え方⁽²⁾をリファインして、より理論的に一貫したものにすることが出来たのではないかと思います。後半部分においては、理論的な枠組みにおいては以前の論文の実現と変わらないが、実現においては、オブジェクトを本来物体があるべき姿を表している記述オブジェクトと、その物体をグラフィックス表現する機能を受け持つ表現オブジェクトに切り分け、その視覚情報棟の相互作用の詳細（データ構造、プロトコル）を決定して実現し、また、レンダリングに関するオブジェクト指向的实现を果たすことにより、新しいオブジェクト表現形態を構築することができた、と考えている。以上により、我々がオブジェクト指向グラフィックスと称しているグラフィックス表現法に関する理論的枠組みと実現の最小限のものは提示できたかと考える。

今後については、現状がオブジェクト指向グラフィックスの最小限の理論と実現に過ぎないことを考えて、これをより広範な理論へと実現を伴いつつ拡張し、新しい表現方法の確立を目指したい。

参考文献

- (1) J. ランボー、他著、羽生田栄一監訳、「オブジェクト指向方法論 OMT モデル化と設計」、(株)トッパン、1992年7月
- (2) 畠山正行、金子 勇、上原 均、「擬似オブジェクトベース機構に基づく DSMC 数値風洞シミュレーションとその直接制御 GUI」、日本シミュレーション学会、第12回シミュレーションテクノロジーコンファレンス、pp.317-320、1993年6月。
- (3) 畠山正行、新谷 学、上原 均、金子 勇、小林秀行、「オブジェクト指向グラフィックス —— 物理世界のオブジェクト指向モデルのグラフィックス表現法 ——」、情報処理学会、グラフィックスとCADシンポジウム論文集、1993年9月
- (4) 安本吉孝、大野義夫、「曲面パッチにおけるテクスチャマッピングの歪みを軽減するアルゴリズム」日本コンピュータ・グラフィックス協会、第7回 N I C O G R A P H コンテスト論文集、1991年11月
- (5) 吉田 朗、「テクスチャマッピング製作用 3Dペインター」、日本コンピュータ・グラフィックス協会、第7回 N I C O G R A P H 論文コンテスト論文集、1991年11月