

解説



印刷におけるコンピュータグラフィックス†

藤田 秀治†† 東 吉彦††

1. ま え が き

印刷とCGの関わり方には大別して二つの場合がある。一つは印刷用素材として利用する場合、もう一つはCAD/CAM技術として利用する場合である。

前者では、絵や写真と同じくCGが印刷用の原稿として、雑誌やカタログの表紙、美術作品集、カレンダー、ポスターなどに利用され、独特の人工的質感をもった映像がグラフィック表現の場に新鮮な感動を与えている。

後者の場合には、包装容器の設計、本の装丁デザイン、建物内装のスペースデザインなどにCAD技術が利用されている例があり、これまでは手作業主体で行ってきた企画デザイン作業を効率化するうえで大いに役立っている。

本稿では、こうした二つの立場から印刷におけるCGをとらえ、詳しく解説するとともに、新しい印刷の形態として普及しつつあるカラーハードコピーについても紹介する。

2. 印刷素材としてのCG

さまざまな印刷メディアに利用するための原稿素材として、CGの印刷への関わりが増してきているだけでなく、その利用形態も変化しつつある。従来なら得意先からの入稿原稿の一つとして扱われていたに過ぎないCGが、今日では印刷会社自らがそれを制作して利用するようになってきた。そして制作されたCGは独自に開発した印刷用データ変換技術によって高精細な印刷物として世に送り出されているのである。ここではそうした二つの技術、すなわちCGを制作する技術とCGを印刷する技術を紹介する。

2.1 印刷原稿としてCGを制作する技術

従来からの、2次元平面内に閉じ込められた文字の表現の枠を破り、3次元の立体空間の中に文字を構成することで新たな文字の表現領域を見いだそうとして開発されたのが“3Dフォント・プロダクションシステム”[†]である。カタログ、ポスター、カレンダーなどの常に新鮮なグラフィック表現が求められる商業印刷物などにおいて、盛んな利用が期待されている。設計手法は大きく二つに分かれ、ひらがな、マーク、ロゴなどのように画数の少ない文字と、漢字のように画数の多い文字とで、それぞれに適した制作手法を選べるようになっている。

まず、画数の少ない文字では、図-1のような制作フローに従う。ディスプレイ上に表示した3面図(正面図、平面図、側面図)上で、機械設計をする要領で文字の骨組みを設計してゆく。骨組みの設計にあたっては、あらかじめ手本となる文字(われわれは藤原行成の筆になるかな文字を使用)をTVカメラ、スキャナなどの入力装置からコンピュータに取り込んでおき、正面図においてこれを基に文字の形態を特徴づけるうえで重要ないくつかの点(基準点)を設定し、座標入力(x, y 座標)を行う。次いで、平面図と側面図上で確認しながらそれらの基準点に奥行き方向の値(z 座標)を与えていく。こうして各基準点に3次元空間内の座標が与えられ、これらをスプライン曲線で補間することによって滑らかな曲線をもったひらがなのフォルムが形成される。また、文字の骨組みは必要に応じて修正することができるが、可読性を重視する文字という立場から、奥行き方向(z 座標)の値を変えても正面図上での座標(x, y 座標)は変わらないようにしてある。

次に、こうして設計した3次元曲線を中心線として任意の半径をもつボール状のシェーディングモデルを生成する。このとき、色は1600万色の中からRGBで自由に指定でき、また、モデルの形状は、ボール以外にも角柱、リボン状など自由に変えることができ

† Applications of Computer Graphics in Printing Industry by Shuji FUJITA and Yoshihiko AZUMA (Image & Information Research Institute, Engineering Research Development, Dai Nippon Printing Co., Ltd.).

†† 大日本印刷(株)生産技術開発本部画像研究所

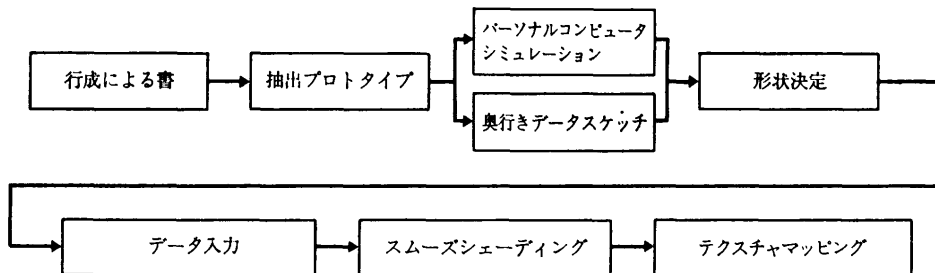
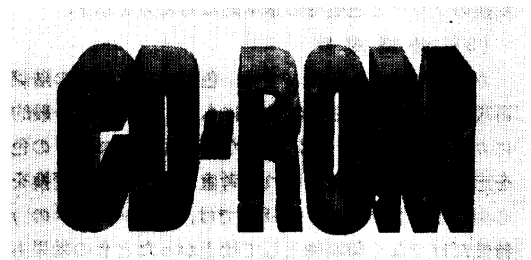
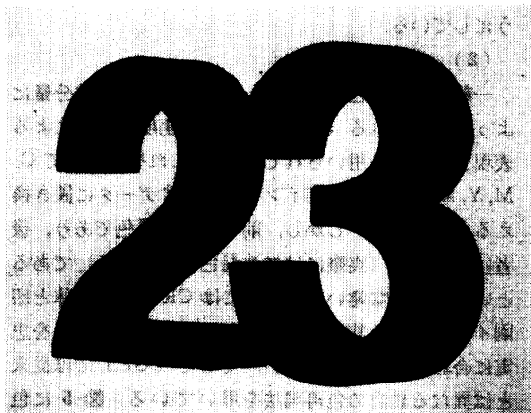


図-1 3次元文字の制作手法

図-2 3D フォントプロダクションシステムによる
3次元文字の表現例

る。さらに、各モデルには、必要に応じて種々の材質感表現（紙、金属、ガラス、プラスチックなど）やテクスチャマッピングを施せるようになっており、立体文字にさまざまな表情をつけることが可能になっている。

ところで、画数の多い文字を上記のような手法で作成すると、多大な労力と時間を要し実用的でない。そこで開発されたのが第2の手法である。この手法では印刷会社が保有する多数の2次元文字フォントデータベースを利用する。データベースから呼び出された2次元文字に対し、奥行き方向（ z 方向）に同一の厚みをつけることで簡単に3次元文字の形状を生成するこ

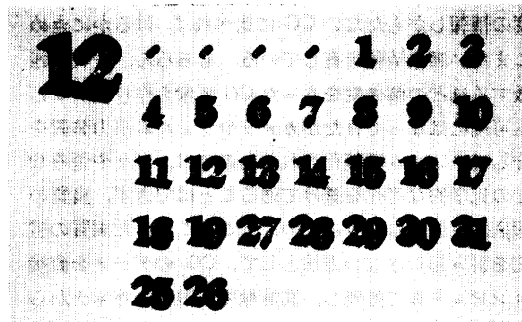


図-3 3次元文字を使ったカレンダーの制作例

とができる。これらの文字にも第1の手法と同様に材質感表現やテクスチャマッピングを施すことができる（図-2）。このようにして制作されたおのおのの立体文字は3次元空間上で自由に組版することができ、たとえばカレンダーの“玉”として実用された例がある（図-3）。また、印刷物のみならずホログラムのような立体映像表現メディアの素材として、あるいはビデオ映像の画面素材としても利用することができ、文字による情報コミュニケーションの幅が大きく広がったといえるだろう。

2.2 CG データの印刷用処理

コンピュータ及び周辺ハードウェアの進歩とこれらをベースとしたCG制作システムによる表現技術の向上によって、CGの利用分野も大きく広がり、また重要性も増してきている。これにともなって多くのCG映像が生まれ出され、あるものは写真に撮られたり、あるものは端末のプリンタ装置からハードコピーとして出力され、さまざまな分野で利用されている。なかでも芸術的表現手段としての利用分野では、ディスプレイ画面上に表示された映像よりは、むしろ静止画としてフィルムや紙に出力されたもののほうが利用価値が高く、その品質は芸術作品としての評価を左右する。そしてこれらの出力物は印刷原稿としても利用される

ことが多く、事実、雑誌やカタログ、パンフレットの表紙、ポスターなどの印刷物を華やかに飾っている。

しかしながら、これらの印刷物の中には必ずしも本来のCGがもっている精緻な表現力を再現しきっていないものがあり、作者の意図したイメージとはかけはなれてしまうことが多々ある。その理由は印刷に適さない原稿を不用意に利用してしまったことにある。

通常、印刷に使用される写真原稿は、35mmサイズの小型カラーフィルムであっても50本/mm程度の解像度を有し、現状テレビ解像度(640×480画素)程度の情報しかもたないCGに比べれば、はるかにきまこまかい画像情報を有している。もちろん、これに匹敵するほどの解像度をもったCG画像を作り出すことも可能にはなってきたがカメラやフィルム出力装置を介してフィルム原稿化されたものでは、ボケや歪みなどの光学的な劣化を避けて通ることはできず、良質の印刷用原稿とはなりにくい。そこでこうした画質の劣化を引き起こさない方法として、CGのデータを直接コンピュータで処理し、高解像度の製版スキャナから印刷用の色分解版を出力する直接製版法が開発され、実用されるに至った。

図-4に直接製版工程での処理の流れを示す。ここではカラーフィルムや印画紙に代わって、フロッピーディスクや磁気テープが「原稿」の役割を果たす。これらはコンピュータに読み込まれた後、色変換、階調変換、サイズ変換などの印刷に必要な処理を経て、シアン(Cyan)、マゼンタ(Magenta)、イエロ(Yellow)、ブラック(Black)の4色の分解版として製版スキャナから出力される。読み込みから出力まですべてがデジタル処理で行われるため、従来方式(管面撮影写真、フィルム出力装置からの出力写真などを用いる方法)に比べ、ボケや歪みもなくシャープで高品質な印刷物が得られる。当社ではComputer Graphics Printing System(CGPS)²⁾として実用されている。

(1) フォーマット変換

フロッピーディスク(FD)や磁気テープ(MT)に記録されたCGのデータをコンピュータに読み込み、以後の処理に適した共通のデータ形式に変換するための処理である。一般に、CG製作システム(ハード/ソフトを含めて)が異なればFDやMTに格納されるデータの形式も異なり、変換ソフトは対象となるCG制作システムごとに準備しなければならない。これは、現実的にかかりの手間と時間を要するため、なるべく当社で取り決めたデータ形式に合わせてもらうようにしている。

(2) 色変換

一般にCGの色はR,G,Bの光の3原色の成分量によって表現される(最近では色相、明度、彩度による表現方式もよく用いられている)。これを変換してC,M,Y,Kの4色の印刷インク量を表すデータに置き換える必要がある。しかし、前者は加法混色であり、後者は減法混色(実際には加法混色も含まれる)であるという原理的な違いと、さらにはCRTの蛍光体と印刷インクの発色特性の違いなどによって両者の色を忠実に合わせることは難しい。そこでCGPSでは従来とは異なる独自の色再現法を用いている。図-5に色変換のフローと色処理の基本的な考え方を示す。

(3) 階調変換

カラーモニタと印刷とは、色だけでなくその階調再現特性(いわゆる γ 特性)にも違いがある。一般的にカラーモニタは $\gamma=2.2$ となっており、モニタの色を忠実に再現するにはこれを考慮したデータの変換を心掛ける必要がある。CGPSでは、カラーモニタの γ 特性だけでなく印刷物として仕上がったときの効果も加味してデータの変換を行っている。図-6にその関係を示す。

(4) サイズ変換

CGデータから所望のサイズの印刷物を作るには、印刷の解像度に見合うだけのデータ量が必要になる。

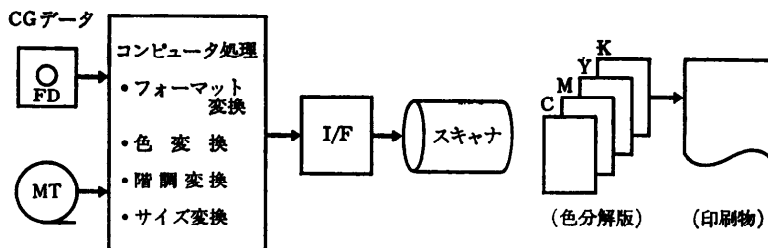


図-4 直接製版工程での処理の流れ

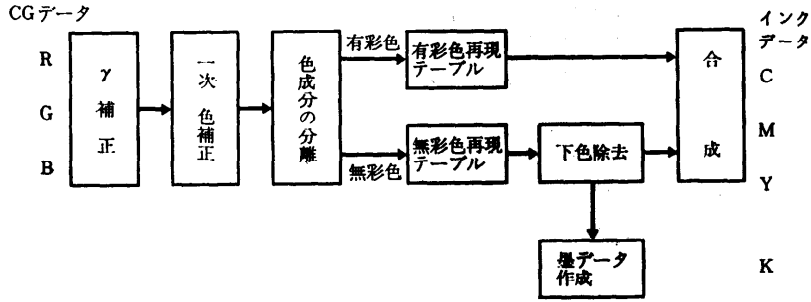


図-5 色変換フロー

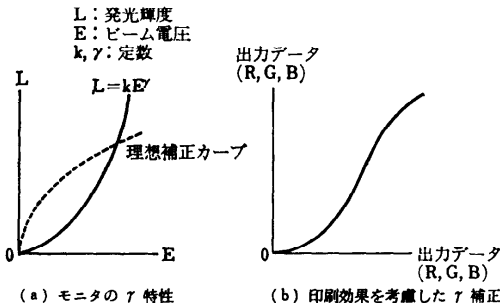


図-6 γ 補正処理

たとえばテレビ画面数 (640×480 画面) 程度の CG を 150 線/インチ (印刷の細かさを表し、1インチ当たり 150 個の網点が並ぶ、12 画面/mm に相当する) で印刷した場合、わずか 53×40 mm サイズの印刷物しか得られない。そこで最終印刷サイズに合わせて新たに画面データをコンピュータ内部で計算し、補間している。補間方法としては、隣接画面と同じ値をもつ画面を並べるニアレスト・ネイバ (Nearest-Neighbor) 法や、隣接画面の値から線型近似した値を補間画面の値とするバイリニア (Bi-linear) 法、及び Cubic-spline 関数で補間を行うキュービック法がある。

CG 制作システムの処理能力の向上によって、時間と費用をかけさえすれば写真のようにリアルできめ細かい表現も可能になってきた。画面数も印刷サイズや用途に合わせて生成することができるのでますます印刷利用の可能性は大きくなったといえよう。

3. デザインシミュレーションとしての CG 利用技術

基本的に受注産業的構造をもつ印刷業界では、得意先から出された企画や要望に基づき、商品イメージの具体化、詳細化といった作業を行いながら、最終製品を作り上げていくのが一般的である。

これに対し、最近では、印刷会社自らが企画し、得意先に対して積極的にプレゼンテーションすることによって印刷ニーズを造りだしていくといった傾向が強まってきた。すなわち、得意先の潜在的ニーズや漠然とした要望に対し、具体的な商品イメージが分かるような形でプレゼンテーションを行い、企画段階から参加しながら受注活動を行うというものである。そこで、こうした動きに対応することを目的として CAD 技術を応用していくつかのシステムが開発され、企画段階での商品デザイン作業に利用されるようになった。

ここではそれらの例として“容器設計システム (PACREATE)”³⁾、⁴⁾、“ブック・デザインシステム”⁵⁾、“紙器設計システム”⁶⁾、“意匠設計システム”⁷⁾について紹介する。

(1) 容器設計システム

紙、プラスチック、ガラスなどのカップやボトルなどの容器を立体的にデザインするシステムである。設計者がラフな容器断面図をタブレット上でトレースするだけで、形状データを入力、修正、あるいはプロポーション変更・内容量計算・樹脂量計算などをリアルタイムで行える。そして、立体イメージがワイヤフレーム、あるいはシェーディングモデルとしてディスプレイやカラーハードコピーに出力できる。容器表面における光の反射については Phong のモデル⁸⁾を採用しており、パラメータを変更することで紙・プラスチック・金属などの容器の素材に適した材質感表現ができる。

また、テキストマッピングにより容器表面にラベルを貼り付け、リアルなイメージを造れるようになっている (図-7)。このようにして作成した容器をギフト函に詰めたり、店頭での陳列効果のシミュレーションなどにも行うことができ、新製品設計の強力なツールと

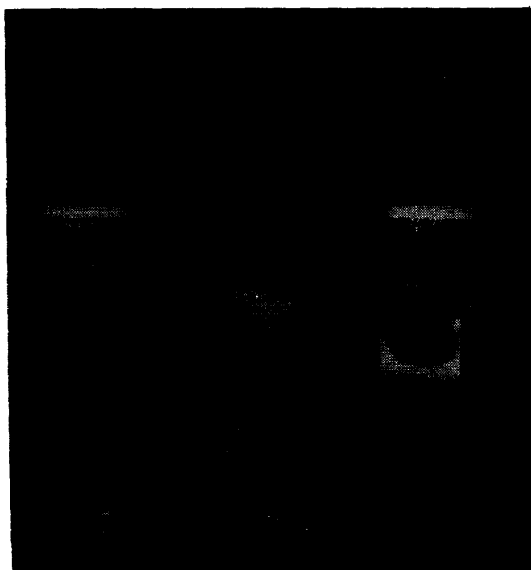


図-7 容器設計システムによる容器デザイン例

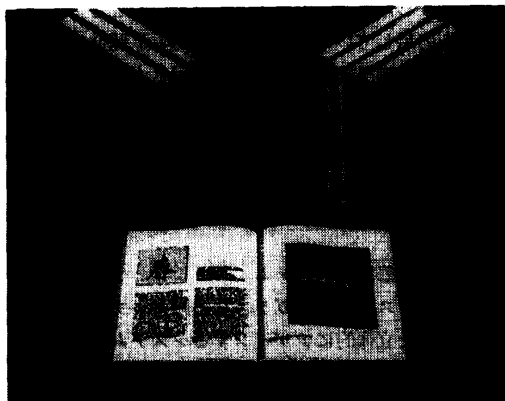


図-8 ブック・デザインシステムによる本の装丁デザイン例

なっている。

(2) ブック・デザインシステム

出版社など得意先に本の装丁案を提案し検討するときを使う目的で開発された CAD システムである。上製本とケースの形状設計から、表紙のグラフィックデザインまでをディスプレイを使って対話的に行い、設計結果を 3次元モデルとして表現することで本の完成イメージをリアルにつかむことができる。

具体的には、上製本の製作に必要な本文用紙の種類、紙厚、ページ数など本の仕様をタブレットとスタイラスペンで入力すると、各部の詳細寸法を決める本の装丁ルールにより本とケースの形状寸法が決まり

基本的な展開図面が表示される。

次に、本とケースの展開図面上で表紙のグラフィックデザインを行う。この段階でデザイナーは、画像情報としてデータベースに保存されている布、皮革、和紙のような模様やさまざまな絵柄をカラーディスプレイに呼び出し、拡大、縮小、回転、移動などの機能を用いて展開図面上にレイアウトする。

実際にレイアウトに用いる文字はあらかじめデータベースに文字コードで登録してあるものから選択する。文字の種類は頻繁に使う明朝体とゴシック体などが用意されており、文字の大きさや位置はカラーディスプレイ上で自由に変更できる。

最後に、モデルを表示する状態を選び、さらに視点の位置と方向、光源の位置と方向を指定すると、これまで装丁と表紙のデザインを決めてきた本の 3次元モデルが表示される(図-8)。このシステムにより、従来のような実物に近い形で函見本と束見本を作って確認していたグラフィックデザインの要素を含めた装丁は、カラーディスプレイとハードコピー出力で短時間のうちに数多くの種類の装丁案が検討でき、製作する函見本と束見本の種類を削減できる。

(3) 紙器設計システム

お菓子や洗剤などの紙器の展開形状設計から試作函製作までを一貫して行うシステムである。これは、包装企画部門の設計者が直接操作でき、得意先へのプレゼンテーション用試作函の製作工程を自動化したものである。そして、受注決定した函は、CAD で作成した函展開図面データを基に、印刷用版下台紙や印刷版への割付図面、抜き型製作など、従来、手作業で行っていた製造工程の自動化にもつながっている。

函を設計するに当たって、よく使われる直サック、逆サックなどは、パラメトリックな基本パターンとしてシステムに登録しており、高さ、幅、紙厚、紙質といった必要最小限の数値を入力することにより、他の寸法は自動的に計算され求める函形状を得ることができる。その他、本体パネル、差込みフラップといった函を構成する個々の部品の各種データベースをもち、これを組み合わせることで、理論的には 6500 万通りものバリエーションを作成することができる。さらには、前述の“PACREATE”のように、函表面にラベルを貼り付けるグラフィックデザインのシミュレーションも行うことができる(前出図-7)。

(4) 意匠設計システム

建物内装のスペースデザインをシミュレートするシ

ステムで、壁紙やカーペットなど、素材自身のもっている“材質感、風合い”をより自然な形で表現できるのが特徴となっている(図-9)[1139頁掲載]。3次元CADソフトの室内モデルをベースに、いろいろな素材の入れ替えがディスプレイと対話形式でリアルタイムに行え、間取りでの仕上がりイメージをつかむのに大変有効なツールである。

具体的なデザインの流れとしては、まず3次元CADで作られたサーフェイスモデルに貼り付けるためのカラー画像をスキャナより入力する。次に、ディスプレイ上で、簡易入力装置を用い、サーフェイスモデルを拡大、縮小、移動、回転することでデザイナーがイメージする室内の視点位置を決める。最後に、ディスプレイ画面上で、サーフェイスモデル上の貼り付けたい面と素材を指定することで、テクスチャマッピングした形状モデルがディスプレイ上に表示される。得意先へのプレゼンテーションには、高画質カラープリンタで出力したものが威力を発揮する。

4. CG と高画質カラーハードコピー

CGの基本技術(表示技術、モデリング技術、レンダリング技術)の進歩やマイクロエレクトロニクス技術の進歩はCG制作システムの性能向上、低価格化をもたらした。EWS(Engineering Work Station)やパソコンレベルのシステムでもかなり複雑なCG画像が作れるようになってくると、カラーモニタ上の表現だけに止まらずカラーハードコピーの必要性が増してくる。

カラーハードコピーはCG制作の途中で作品をチェックしたり、第三者に対するプレゼンテーションに非常に有効である。CG制作システム内に生成された画像データをハードコピーとして取り出す方法には、CRT記録方式、レーザー記録方式、インクジェット記録方式、熔融型熱転写方式、昇華型熱転写方式などがある。ここでは、各種カラー記録方式の中でも特に印刷物に匹敵する高解像度と多階調表現能力を備えた昇華型熱転写方式のプリンタ⁹⁾について述べる。

このプリンタは一種のサーマルプリンタで、記録材料には昇華性染料をYMC(BK)の面順次でコーティングした転写フィルムと特殊な受像層を設けた受像紙が用いられる。図-10のように転写フィルムと受像紙をサーマルヘッドとプラテンローラとの間を通過させながら、画像データに応じてサーマルヘッドの発熱量を変化させると受像層への昇華性染料の転写量が変化

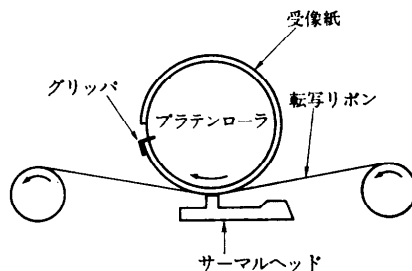


図-10 昇華型熱転写プリンタの基本装置構成

し階調画像が表現できる。プラテンローラに巻きつけられた受像紙上に、一回転で一色一面の印字を繰り返すことでフルカラーが再現される。

プリンタの出力解像度はサーマルヘッドの仕様に依存(6ドット/mm~12ドット/mm)するが、色の階調性は8ビット(256レベル)が確保できるうえ、繰り返し精度の良い高画質の画像が得られる。

しかも、ドライプロセス、明室処理、無騒音、コンパクトなども特徴といえる。短所としては、普通紙に印字できないのでランニングコストはやや高くなることがあげられる。

5. おわりに

印刷とCGの関わりについてCAD技術利用と印刷原稿利用の二つの立場から述べた。この二つの立場での最も特徴的な違いは、扱う画像データ量の違いである。CGをCAD技術として利用する場合には、機械設計や建築設計などの他の応用分野と同様、設計段階の途中状態をビジュアル化したり、設計を効率化するためのマンマシン・インタフェースに用いる。したがって、そこで造られた画像は、ディスプレイやハードコピーに出力して対象物の外観イメージを伝えるために利用されるのであって、それ自体が最終製品となるわけではない。画像の品質よりもむしろシステムの操作性や応答性が重視されるから、扱える画像の解像度や色数も制限されることが多い。これに対してCGを印刷原稿素材として利用する場合、その画像自体が製品となるため十分な品質が要求され、必然的に高解像度の色数豊富な画像が選ばれる。そのため、処理スピード以上に、高解像度・多階調の画像を扱えることが要求される。この点が印刷分野でCGを利用する場合の特徴になっている。いずれ、将来的には、たとえCAD技術の利用であっても、対象物の設計やプレゼンテーション資料の作成だけでなく印刷素材としても十分な品質をもった画像を扱う必要性が出てくるだ

ろう。

また、ディスプレイ上での色と印刷物での色のマッチングの問題は、対象がCGならずとも重要な問題である。特に実体が存在しないCGの場合、自然物にない色も自由に作り出せるので、その再現に関する問題は今後の解決策を必要とする。

さらに、印刷においては非常に多くの書体と大きさの文字、及び線画を扱わねばならないため、これらと画像を統合処理する技術が現在、積極的に開発が進められており、いずれCGにも適用されるであろう。

参考文献

- 1) 原瀬：コンピュータグラフィックスによる三次元文字デザイン，印刷雑誌，Vol. 70, No. 4, pp. 3-7 (1987).
- 2) 東：コンピュータグラフィックス・プリンティングシステム，情報処理学会研究報告，86-CAD-23 (1986).
- 3) 久保田：ここまできた PACKAGE DESIGN 大日本印刷 PACREATE について，印刷情報，pp. 31-36 (Aug. 1986).
- 4) 久保田，大川，可見：立体容器デザイン・トータルシステム PACREATE，Pixel，No. 35, pp. 125-128 (Aug. 1986).
- 5) 久保田，針間，飛田：本の装丁デザイン用 CAD システム，日経 CG 創刊前夏号，pp. 50-57 (1986).
- 6) 久保田：紙器用 CAD/CAM トータル・システムの開発，日本印刷年鑑，No. 30, pp. 184-188 (1987).
- 7) 意匠設計システム，別冊「コンピュータピア」，No. 10, pp. 66-69 (1987).
- 8) Phong, B. T.: Illumination for Computer Generated Images, Comm. ACM, Vol. 18, No. 6, pp. 311-317 (1975).
- 9) 武笠，内山：デジタルカラーブルーフシステム，電子写真学会誌，Vol. 26, No. 4, pp. 346-351 (1987).

(昭和63年8月1日受付)