

〈報 告〉

第 14 回大会における「コンピュータ動画の映画会」報告

昭和 48 年 12 月 10 日午後、本会第 14 回大会の一部として標記の会合が開かれた。大会直前に急遽企画されたものであり、大会プログラムに正確なプログラムが掲載されなかったし、予稿も準備できなかった。代りに、ここにそのプログラムと発表者による簡単な内容説明を記録しておく。

当日これらの他に、Nelson Max (MIT) による Space Filling Curves という諸ペアノ曲線の特性を動画で論じたものも上映された。

なお本会合は昭和 48 年 2 月情報処理月例会として開かれた「計算機による動画作製——報告と上映」の参加者に呼び掛けて組織されたものである。両会合に参加された方には類似していても新しいフィルムを提出していただいた。なお、48 年 2 月の月例会の参加者は次の諸氏であった。鷹尾洋一、高沢嘉光、原島鮮*、杳沢淳之助、西原清一**、堀越清視、荻田直史***。

わが国においてもようやく動画作製が実験より実用に移りつつあるが、まだ比較的高価であり、費用低減の努力が望まれる。内容からいうと、大体二つの方向があり、一つは従来手で画かれていたアニメーションをできるだけ自動化しようとするもので、いわゆるコンピュータ・アートに属すると言え、建築・土木設計や動作研究に役立てようとするものである。他は計算機による数値シミュレーションの結果を視覚化しようとするもので、流体、振動、統計物理など時間に依存する現象の結果得られる大量のデータを、計算機により再び総合化して全体像を表示するために動画を利用しようとするものである。もちろん両者をはっきり区別することはできない。いずれにせよ、複雑な現象を単に解析するだけでなく、人間により理解し易い形に表示する手段として、計算機による動画作製は今後より盛んとなるであろう。(司会者、渋谷政昭**** 記)

プログラム

(12 月 10 日 (月) 13:30~15:40)

1. 鷹尾洋一、宇野 栄：縮まない 2 次元
流れの計算 (15分)
2. 杳沢淳之助：アニメ '73 (10分)
3. 高沢嘉光、吉川久男：3 次元図形の映画 (10分)
4. 中村良夫：道路景観アニメーション (10分)
5. 中川友康、正木和子：アーチダム
と貯水の連成系の振動 (10分)
6. 南 真和、金広和彦：波浪外力による
船体たわみ振動 (10分)
7. 堀越清視、平野隆久：超高層ビルの
地震応答シミュレーション (30分)
8. N. Max (石田晴久**** 解説)：Space
filling curves (30分)

1. 縮まない 2 次元流れの計算

鷹尾洋一、宇野栄 (日本アイ・ビー・エム、
サイエンティフィック・センター)

表題に関する 4 つの問題のシミュレーションの結果を動画として表示した。

(1) 円柱のまわりの流れ

一様流の中に円柱を置いたときカルマン渦列の発生する現象の計算で、ナビエ・ストークス方程式を流れ関数、渦度関数で表わし、差分法で解き、レイノルズ数が 500, 1000 という比較的大きな場合に計算が実験とどれだけ一致するかを見る。流れ関数、渦度関数、一様流を差し引いた乱れの流れ関数の 3 つの等高線の 3 場面から成る。

(2) 長方形タンク内のピッチャン

長方形容器に液を入れ容器を水平方向に振動したときの表面波の計算で Stanford University Modified Marker and Cell method によっている。水平方向速度、垂直方向速度の等高線を示す 2 場面から成る。

(3) 凹所の非ニュートン流

長方形領域の 3 方の壁を固定し上方の壁を左に等速度で動かすとき、誘導されて生じる内部の渦を計算する。ここでは特に粘性が剪断速度に依存する非ニュ-

* 東京女子大学

** 京都大学

*** 理化学研究所

**** 日本アイ・ビー・エム

***** 東京大学

トン流中の、水と澱粉の混合液などダイラタント流(指数 1.4)の場合で、流れ関数、動粘性係数の等高線および仮想粒子の動きの 3 場面から成る。

(4) 室内の気流

正方形の室の左の壁が一定の高い温度に保たれ他の壁は断熱されている。その上部中央より冷気が送入され、右下より排出される。温度の変化は流体の質量にだけ影響すると仮定するブシネスク近似を用いる。流れ関数、渦度関数、温度の 3 等高線の 3 場面から成る。

2. アニメ '73

香沢淳之助 (NHK 総合技研)

表記のカラー動画は、NHK 技研と富士通(株)が先に共同開発したカラー図形出力装置を用いて製作したものである。

計算機から、ベクトル形式の図形データをこの装置に送ると、実時間で走査変換を行ない、多角形に色を塗った画面を表示するためのカラーテレビ信号を生成する。かなり複雑な画面でも 30 枚/秒の速度で滑かに更新することが可能であり、また、明るさや色相の異なる 3 万種類以上の色を表示することができる。

図形データは、計算機であらかじめ基本図形をさまざまに加工して作られ、一旦磁気ディスクに貯えておく。一連の図形データが完成すると、表示の順番と表示時間を与えて、テレビモニタ上に表示することにより、極めて滑らかに動く動画を見ることができる。

「アニメ '73」で使った手法のいくつかを紹介する。

(1) 移動、回転など

基本図形を移動したり、回転したりする。拡大・縮小操作を同時に加える。図形の動きが立体的になる。

(2) 変形

図形の外形を変化させることであるが、図形の対称性をくずしたり、上下と左右のスケールを変えるなど単純で規則的である方がおもしろい。

(3) 変換

一種の変形で、図形 A から図形 B へ滑かに変換する。たとえば、清涼飲料水のビンからリングへ外形ばかりでなく、内部の色も変えながら変換する。直線的に変換するよりも、中間的な図形を介して変換すると効果的であった。

(4) 乱数の利用

乱数を用いて画面に短い線分を多数表示する。各線分の色彩も刻々変化する。混乱した画面が次第に整理されてビンになる。

3. 3次元図形の映画

高沢嘉光、(音楽)吉川久男 (山梨大学工学部 計算機科学科)

3次元図形の透視図を映画にしたものである。3次元図形として一般的なものを取り扱うのではなく、次の二つの条件を満たす曲面を対象にした。

1. 曲面は $z=f(x, y)$ で表わされ、しかも関数 $f(x, y)$ は一価関数である。
2. 関数 $f(x, y)$ は十分滑らかである。

この条件を付けることによって、隠線消去が簡単にになり、ミニコンでもその処理が可能になる。表題の映画は、OKITAC-4300 E と TEKTRONIX 社の蓄像型 CRT を使って作製した。プログラムは全体で、1K 語足らずのものであり、一画面作製時間も 15 秒くらいである。したがって、1 時間で 240 コマが撮映できる。撮映機はスイス BOLEX 社の 16mm を使った。映画製作に一番苦労したのは、計算機に連動させて自動的にシャッターを切ることであった。実際にはシャッターをソレノイドコイルで引っぱったが、当初の頃はソレノイドの震動に頭を悩ました。映画では、 $z=\sin c \times (x^2+y^2)/(1+x^2+y^2)$ により表わされる曲面を描いた。PART 1 はこの関数の c を固定し、視点を変えることによってその姿がどうなるかを描いたものであり、PART 2 は、視点を固定してパラメータ c を変えると、曲面はどのように変化するかを表わしたものである。このような映画によって、曲面の解析が容易になり、また、3次元の世界から、4次元の世界の現象を表示できるようになった。現在、われわれは、この技術を拡張させて、FACOM 230-45 S ↔ FACOM U-200 ↔ CRT のネットワークによる時間の短縮と一般的 3次元図形処理を試みている。

余談になるが、映画のバックに流れた音楽は、ミニコンによる演奏である。すなわち、エレクトーンを FACOM U-200 に端末として結合したのである。この目的は計算機による音楽理論の研究であるが、図形と音楽を結びつけたらその効果はどうかを研究してみたいと思っている。

4. 道路景観アニメーション

中村良夫 (東京大学工学部土木工学科)

(1) 計画中の道路を将来走行する運転者の目に映る景観がどのようなものなのかを事前に知ることを目的とするアニメーションを試みてみた。このようなシ

シミュレーションの工学的な目的は大別して二つある。一つは道路舗装面（道路線形）の透明形態を調べ、交通工学的な安全性をチェックしようとするものである。第二は道路線形のみならず周囲の地形情報までもとり入れた全体的な景観を予測し、道路と自然地形との調和を調べようとするものである。従来このような目的のために静止画面の透視図の自動作製が数多く作製されてきたが、動景観への関心の深まりとともに次第に時間の流れを伴うシミュレーションの作製に研究者の目が向けられてきた。

(2) 本シミュレーションでは次のような情報も取り込まれている。

- (1) 遠方の地形, (2) 道路近傍の地形, (3) 道路線形, (4) 道路法面。

このうち(1), (3), (4)については従来の静止画面透視図にも含まれていた。(2)を含んでいることが本シミュレーションの一つの特長である。このため、地形データは遠方用のメッシュデータと近傍用のサブメッシュデータを用意し、透視変換後の遠方と近傍の表現能力をできるだけバランスさせるようにした。遠方は 250 m メッシュ、近傍は 25 m メッシュである。

(3) 情報処理技術上の最大の問題は上記各情報を混乱なくもり込むための隠れ線処理の方法である。本シミュレーションでは次の三種類の隠れ線処理を行っている。

- (1) 地形相互の隠れ線,
(2) 地形と道路（法面を含む）との隠れ線,
(3) 道路線形自身の隠れ線。

(4) 出力機器は Stronberg 社の COM を用い 16 コマ/sec の画面を作り出している。一画面あたりの計算時間は HITAC 5020 級の計算機で 30 sec 程度である。このような大きな計算時間を必要とするため、本研究では試験的に 10 sec 程度のアニメーションを作るに終った。

(5) この種のアニメーションの経済性を考えると、道路線形および法面程度の情報処理が現在のところ限界であろうと思われる。一方ではアニメーションを犠牲にし一画面の表現能力の向上に努力を払う方向もあろう。ハーフトーン表示を用いた陰影、橋などの複雑な構造物、植生情報の挿入などによる景観予測ではアニメーションはかなり困難と思われる。

(6) 参考文献

- 1) 中村良夫, 「公共事業に伴う景観変化の予測と評価」高速道路と自動車, 昭和 48 年 9 月。

- 2) 中村, 佐藤, 藤本, 「自然景観計画のための情報処理とその応用」, 土木学会第 26 回年次学術講演会概要集。

5. アーチダムと貯水の連成系の振動

中川友康, 正木和子 (電力中央研究所, 情報処理研究センター)

アーチダムの基礎部に地震波が作用するときのダムと貯水の連成系の動応答の計算結果を COM により動画面化したものである。主な画面は、ダムのたわみを示したもの、およびダム面上に発生する動水圧を示したもので、これに字幕による説明を加えて全体を約 100 秒にまとめている。

なお、基礎方程式は、ダムのたわみをあらわす二つの未知変数 (w, v) と、動水圧をあらわす一つの未知変数 p の連立線型偏微分方程式系で、これを差分法で step-by-step に解いている。

6. 波浪外力による船体たわみ振動

南 真知, 金広和彦 (三井造船(株)千葉研究所構造強度研究室)

航海中の巨大船においては、波との出会いによる約 5~10 秒のピッチング運動とともに、約 1~2 秒以下の船体たわみの基本振動が目視可能な程に誘起され、しかもそれは荒海中のみではなく、平穏な海象でも発生することがしばしば報告されている。

その問題に対しては理論的・実験的研究が行なわれ、波浪と船体断面形状および出会い周波数のかねあいなどが要因であることが明らかにされはじめている。

しかしながら、現在でも十分実証されたとはいえず、水槽実験や実船振動計測が積極的に行なわれている。

ここでは、多点同時記録された時系列波より、その挙動を図形に再現することを試みた例を紹介する。

これは動的現象の実験的解析に高速度カメラを用いた場合の效果に似ているが、時系列波にフィルター操作をほどこすことによって実際現象を任意の周波数成分を持つ現象に分解することが電算処理で容易に行なえる特徴がある。以下に概要を示す。

アニメーション作成に用いた実測データは、ジャイロによる船体のピッチング運動、船体中央部上甲板上に貼付された歪ゲージおよび船首上甲板の上下加速度が同時記録されたものである。作画に際しては、次

の仮定をしている。

- a) 船体のたわみ振動モードは、2節振動モードを用いる。
- b) たわみモードの大きさは、歪値に比例させたものを用い、絶対値そのものは理解を容易にするため拡大して表現する。
- c) ピッチング運動は縦メタセンタを中心に行なわせる。振幅はたわみモードと同様拡大して表現する。
- d) ヒービング成分は記録がないため、省略する。

ここで紹介する例題は日本造船研究協会第108研究部会で実施した、太平洋南西航路におけるコンテナ船の実船計測データである。

7. 超高層ビルの地震応答シミュレーション

堀越清視，平野隆久（鹿島建設・電子計算センター）

55階建ての超高層ビルの1次，2次，3次の振動モードと，大きな地震時におけるビルの揺れ具合，その時受けるせん断力と転倒モーメントをCOMでアニメ

ーションにした

従来のアニメーション作成の目的としては，ダイナミックシミュレーションの莫大な計算結果をいかに見やすくするかであったが，ここでは一歩進んで設計に取り入れた。すなわちある大きな地震を仮定し，その時受ける力に対して安全である事はもとより，不自然な動きをする部分はないか検討し，それを設計にフィードバックするために作成された。

上映した動画はエルセントロ地震と同じ地震が最大400ガルの強さで起ったと仮定したもので，2次元で解析した。柱と梁とはパネルゾーンで交わるとし，ここでの水平変位，垂直変位，柱端の回転角，梁端の回転角を未知数とおき全体で約1500元の連立方程式をたてた。これから各層の床の水平変位と回転角のみの自由度(55×2=110)を残して，他の未知数を消去し，運動方程式をたてた。すなわち110元の2階の常微分方程式を $\Delta t=0.01$ 秒おきで計算し，0.02秒おきに1枚の絵にした。1秒間に24コマの割で映せば，実動の半分の速さで観る事ができる。

(昭和48年12月14日受付)