

流れ解析結果のCGによる可視化

杵田淳一 高島純 平野徹

(株)ダイキン工業 CAEセンター

3次元流れ解析結果をコンピュータ・グラフィックスを用いて可視化する手法を述べ、その適用事例を紹介する。複雑な3次元流れを可視化、理解するためには3次元カラーグラフィック端末またはワークステーションの利用が有効な手段となる。これを用いた3次元流れ可視化システムを構築、活用することで流体解析におけるCAEアプローチを効率よく行うことができることを示した。

VISUALIZATION BY COMPUTER GRAPHICS FOR FLUID FLOW ANALYSIS

Junichi MOKUTA Jun TAKASHIMA Tohru HIRANO
DAIKIN INDUSTRIES, LTD.

This paper presents a new method of fluid flow visualization by computer graphics and introduces some examples. In order to understand complicated three dimensional flows, it becomes necessary to use three dimensional color graphic terminal or work station. This paper shows the importance of three dimensional flow visualization integrated in a CAE system for flow analysis.

1 まえがき

最近のコンピュータの発達とともに計算流体力学（CFD）が広く実用化されるようになり、その対象もより複雑な問題へと発展してきた。CFDにおける解析結果を適切に処理することは1つの重要課題となってきた。我々はこれまでに流れ解析結果を3次元カラーグラフィック端末を用いて動的に可視化、表示する方法を提案してきた。(1),(2) この方法による可視化システムを構築、利用することは流体解析の効率化に大きく貢献するものとする。

2 流体解析システム

図1に我々の構築した流体解析に対する一連のシステムの一列を示す。解析コードは直交・円筒座標系と一般曲線座標系（BFC）の2種に大別できる。両者とも有限体積法による差分法で、非圧縮性熱流体を対象としている。このシステムの特徴は、形状定義をソリッドモデラーで行い、メッシュ生成、結果表示に利用することである。この形状データはさらに構造解析にも利用でき、このソリッドモデラーを核とするCAE統合化システムを構築できる。(3)

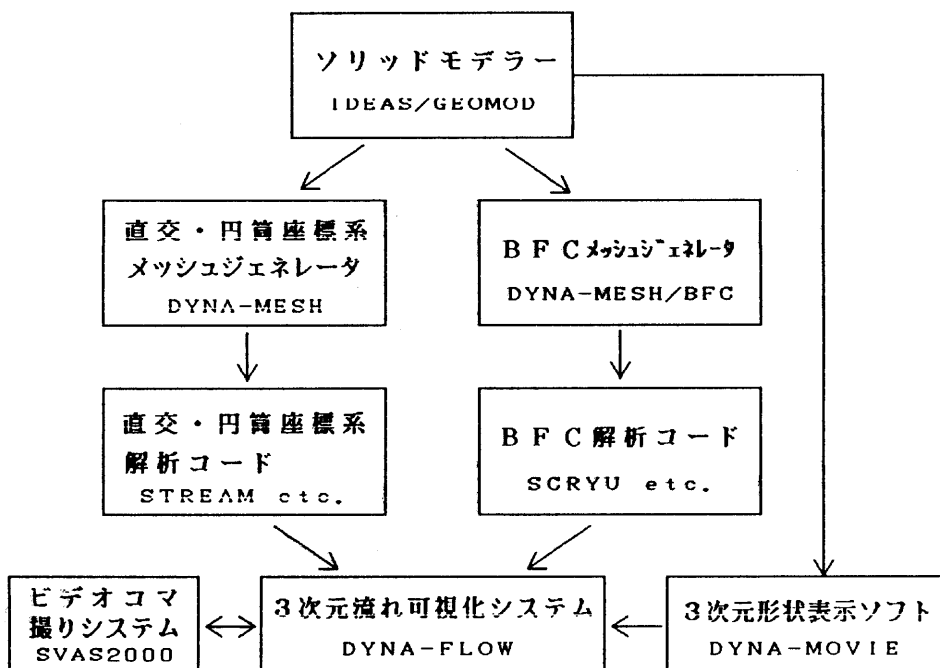


図1 流体解析システム構成

- (注) IDEAS/GEOMOD … 米SDRC社
STREAM, SCRYU … (株)ソフトウェアクレイドル
その他 … ダイキン工業

注) 解析コード以外はすべて3次元グラフィック端末COMTEC DS300または4Dシリーズで行う。

3 3次元流れ可視化システム

3.1 入力データ

差分解等で得られる3次元構造格子による直交座標・円筒座標・BFCデータに対応する。

3.2 結果の可視化

以下の20種の方法により解析結果を3次元カラーで動的に表示する。

- | | | |
|---------------|-----------------|---------------|
| ① X断面ベクトル | ② Y断面ベクトル | ③ Z断面ベクトル |
| ④ X断面ノーマルベクトル | ⑤ Y断面ノーマルベクトル | ⑥ Z断面ノーマルベクトル |
| ⑦ X断面フリンジ | ⑧ Y断面フリンジ | ⑨ Z断面フリンジ |
| ⑩ X断面等高線 | ⑪ Y断面等高線 | ⑫ Z断面等高線 |
| ⑬ 3次元等高ベクトル | ⑭ 3次元等高ノーマルベクトル | ⑮ 3次元等高面 |
| ⑯ 3次元流線 | ⑰ 3次元流脈 | ⑱ 固体表面ベクトル |
| ㉑ 固体表面フリンジ | ㉒ 固体表面等高線 | |

3.3 領域の表示

解析メッシュの固体領域表示は、ワイヤフレームによる輪郭線またはメッシュラインを表示するが、形状データの表示ソフトとのインターフェイスでシェーディングも行える。

3.4 時刻歴データの可視化

時刻歴データは、グラフィック端末上でアニメーション表示で再現する。また、最大値、最小値、平均値などのグラフ表示も行う。

3.5 グラフィック端末機能

本システムは、3次元グラフィック端末のローカル機能を駆使して表示する。基本的な高速処理機能を以下に述べる。

- | | | |
|-------|------------|--------------|
| ①陰面処理 | ②透視変換 | ③シェーディング |
| ④半透明 | ⑤デプスキューイング | ⑥デュアルカラープレーン |

3.6 ビデオインターフェイス

グラフィック端末の動表示画面の一連の動きをコマンドファイルにしてビデオコマ撮り装置に出力することができる。

4 適用事例

4.1 室内熱気流解析

室内空調時、空間内の気流分布、温度分布が快適性に直接影響する。空調シミュレーションにおいて、これらの分布を同時にかつ3次的に可視化すると、一目で評価することができる。最終的には快適性指標として評価されるが、最適化、改善を導く過程においては、感覚的な把握が必要不可欠である。図2は、天井埋込みタイプの室内ユニット暖房運転時の流速分布をベクトルで、床面温度をカラーフリンジで示している。図3は、縦断面流速および温度をベクトルおよびカラーフリンジで示している。

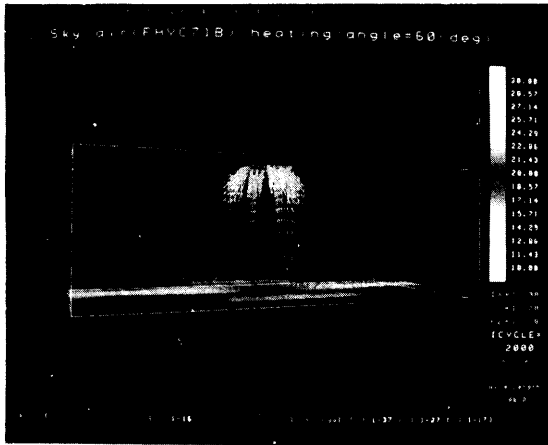


図2

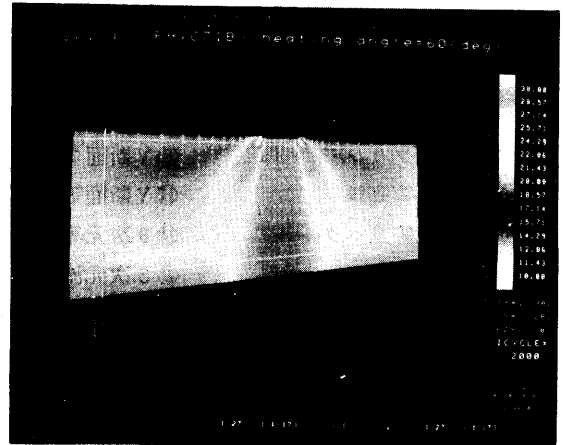


図3

4.2 室外機熱排気流解析(4)

高層ビルに設置された各階設置形室内ユニットから排気される温熱によって生起されるビル壁面近傍での熱対流を可視化した例を示す。図4は解析メッシュ形状、図5は高温度場の流速をベクトル表示、図6は隣接ビルを取り除いて温度分布を3次元等高面表示で、図7は中央付近を拡大表示したものである。上層部にいくに従って排気温度が高く、熱交換に影響を及ぼすことが認められる。

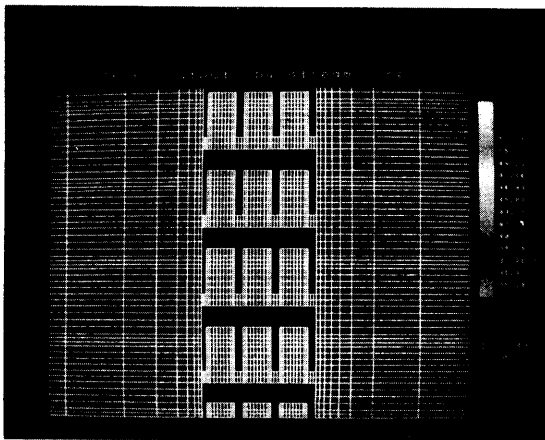


図4

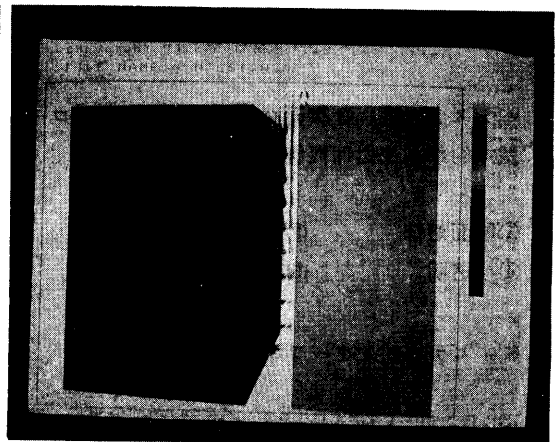


図5

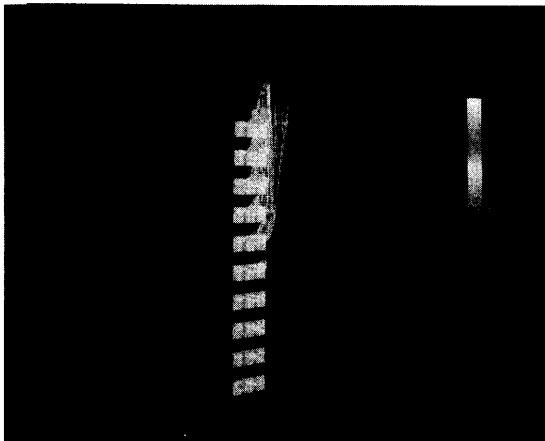


図 6

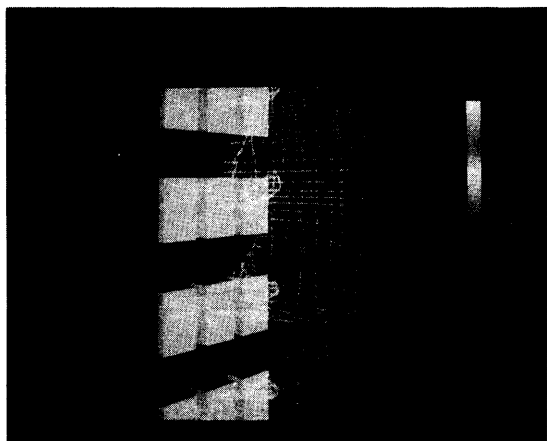


図 7

4.3 流量計内部流解析

フロート式流量計（ロータメータ）の内部流をBFCで解析、可視化した。図7はメッシュ形状、図9および図10は断面流速をベクトル表示およびカラーフリンジで、図11はフロート上部の流れを流線で示したものである。フロート表面に速度壁条件を与え、回転している状態を計算したため、流れが旋回している様子がわかる。

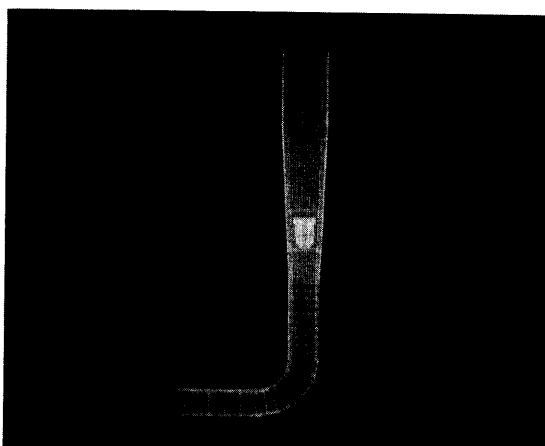


図 8

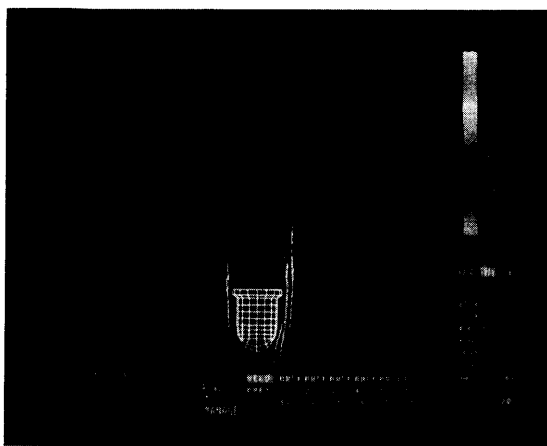


図 9



図 1 0

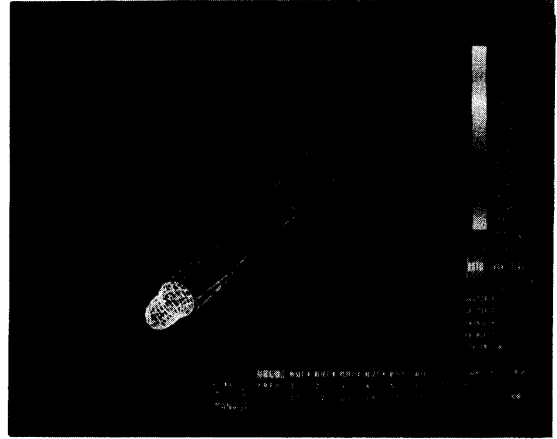


図 1 1

5 あとがき

流れ解析結果の可視化において、コンピュータグラフィックスの利用は今日では必要不可欠である。今後ますます複雑化、大規模化する流体解析にその結果の処理が追従するためには、当然コンピュータグラフィックス分野もさらに進歩していく必要がある。

[参考文献]

- (1) 平野、高島：「熱流体解析結果の三次元的表示法について」
第35回応用力学連合講演会、1985, 12
- (2) 平野、杵田：「三次元流体解析用プリ・ポストプロセッサの開発」
第35回応用力学連合講演会、1986, 12
- (3) 平野、杵田、塩地：「計算流体力学におけるソリッド・モデリングの応用」、
N I C O G R A P H ' 87, 1987, 11
- (4) 塩地、杵田、平野、楠本：「空調機室外機からの排気流のシミュレーションによる可視化」
流れの可視化Vol. 8, No. 30, 1988, 7