

3Dデータのインタラクティブな表示方法について

7H-2

住友重機械工業(株)システム技術研究所

奥平恭之

村上亨

1. はじめに

近年、機械システムの運転状況や、CTスキャナ等の医療画像などの3Dポリウムデータの分布状況の認識のため、オペレータが直観的に3次元空間をイメージできるデータ表示方法の必要性が高くなりつつある。一方、我々は、機械運転制御システムの最適運転条件決定のためのヒューマンインタフェースとして、既に、幾つかの手法を提案しているが¹⁾、特に、多次元空間における最適運転条件領域の表示方法については、改善の必要性があった。

そこで、我々は、3Dポリウムデータ空間の表示方法として、3Dデジタイザを用いて、表示断面の移動がインタラクティブに行なえるシステムを試作した。このシステムでは、オペレータの望む断面が、直接操作感を伴って表示されるため、3次元空間内での分布領域、分布の構造、位置の認識が容易になる。本稿では、試作システムの概要と、評価結果の考察について述べる。

2. 3Dポリウムデータ表示法

2.1 従来の方法

機械制御システムの運転条件の初期値を決定するにあたって、我々の提案したインタフェースは、オペレータに、シミュレーション結果を表示し、初期運転条件を決定させるものであった²⁾。それは運転条件から3つのパラメータを選び、その3Dポリウムデータを3面図表示するものであったため、分布状況が認識しづらく、初期条件決定に手間取る等の問題点を抱えていた。

そこで3Dデータ表示法を検討するため、Table.1に幾つかの代表的な表示法と今回提案する手法との比較を示す³⁾。3Dポリウムデータ空間を多数の小さな立方体を適当な間隔で並べて表現したTiny Cube法⁴⁾や、空間断面を並べた多スライス法では3Dポリウムデータを2次元のディスプレイ上に表示するために、非連続性や面の隠れ等の犠牲を伴うので、分布と位置の把握には適さない場合もある。従って、本論文では、特にこれらの点を改善する手法を提案する。

2.2 インタラクティブ3D表示法

本手法の表示例をFig.1に示す。各軸は運転条件パラメータ軸である。また、色の一番濃い部分が最適運転条件領域である。本手法では、静的には、任意の点での断面図を使って3次元立体のカットモデルのように表示し⁵⁾、動的に断面を3Dデジタイザを用いて操作することにより3Dポリ

ウムデータの内部分布を表示する。また、Fig.1のa,b,c,d面で表示断面の周囲を表示することによって、3Dポリウムデータ空間をイメージしやすくしている。

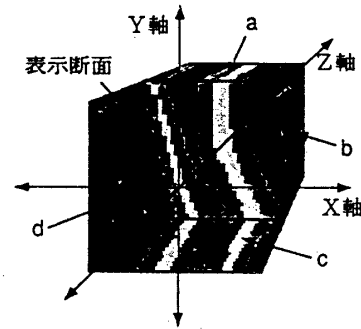


Fig.1 本手法の表示例

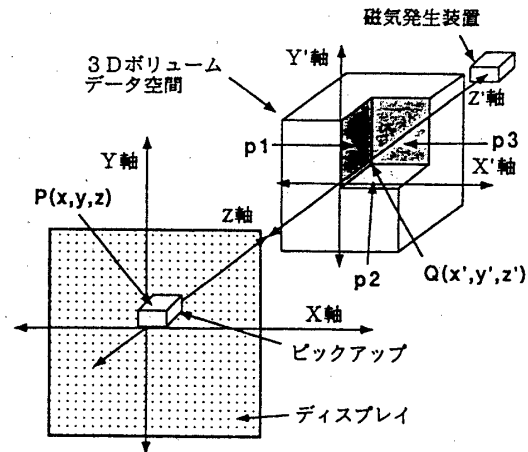


Fig.2 操作空間座標と3Dデータ空間座標の関係図

Table.1 主な3次元表示法の比較

表示法	半透明法	Tiny Cube法	多スライス法	3面図法	本手法
前提条件	内部境界明確 透過率設定 反射率設定		データの連続性	データの連続性	データの連続性
利点	一貫性 連続性の表示	一貫性 半透明法に比べアルゴリズム単純	連続性の表示 アルゴリズム単純	アルゴリズム単純 連続性の表示 3方向画面同時表示	アルゴリズム単純 連続性の表示 3方向画面表示 動画表示
欠点	アルゴリズム複雑 複雑な境界は表示しにくい	隠れ部分がある 連続性が犠牲になる	隠れ部分がある スライス面以外の方向の情報減少 連続性が犠牲になる	隠れ部分がある 立体として認識しにくい	隠れ部分がある

Fig.2に3Dデジタイザ操作空間座標と3Dボリュームデータ空間の座標の関係を示す。3Dデジタイザの位置座標 $P(x,y,z)$ と3Dボリュームデータ空間での断面位置座標 $Q(x',y',z')$ を対応させて、3Dデジタイザのx方向の移動でp1面が移動し、y方向でp2面、そしてz方向でp3面が、3Dデジタイザに連動して移動する。加えて、視点変更も、3Dデジタイザを用いて設定できるモードも付加する。

Table.1のように、従来方法は3Dデータを2Dディスプレイ上に表示する為、非連続性や面の隠れ等の犠牲を伴ったが、本手法では、インタラクティブに表示断面を走査しながら記憶することにより3次元分布の認識性を高めている。

3. 評価

3.1 3Dボリュームデータ表示法の比較

先に述べた、主な3Dボリュームデータ表示法と本手法を対比較法により比較する評価実験を行なった⁹⁾。表示するデータは、プラスチック射出成形用の樹脂流動解析の評価結果である。それぞれの表示法で3Dボリュームデータ空間内の構造や分布状況の認識しやすさについて、測定を行なった。Table.2に評価結果を示す。本手法が他の手法と比較して、構造、分布状況の認識と位置認識に有効であることがわかる。

Table.2 評価結果

表示法	嗜好度
本手法	0.75
Tiny Cube法	-0.11
3面図法	-0.29
多スライス法	-0.34

3.2 インタラクティブ表示の評価

3次元空間内の断面を動的に走査して表示する方法には、周期的に走査する方法と本手法のようにインタラクティブに走査する方法が考えられる。この2つの場合について、3次元空間における最適運転条件領域の認識に関する比較テストを行なった。表示するデータは、先程同様、プラスチック射出成形用の解析の評価結果である。この実

Table.3 実験結果

被験者	テストデータ1		テストデータ2	
	周期走査 (sec)	インタラクティブな走査 (sec)	周期走査 (sec)	インタラクティブな走査 (sec)
A	20	30 (125%)	30	25 (83%)
B	25	25 (100%)	15	10 (67%)
C	40	20 (50%)	30	25 (83%)
D	30	25 (83%)	30	10 (33%)
E	20	10 (50%)	60	20 (33%)
F	60	30 (50%)	80	30 (38%)
G	30	10 (33%)	40	15 (38%)

A~G: 被験者 () 内は周期走査を1とした比率

験では、3次元デジタイザを使用したインタラクティブな操作法と周期的に断面を走査表示する2種の方法について、被験者が、最適運転領域が最大となる断面の位置を決定するのに要した時間を測定した。テストデータ1と2とは、異なる金型や、樹脂で流動解析をした結果でありテスト2のほうが、分布状況が複雑であり、断面を決定するのが比較的難しい分布をしている。

Table.3に評価実験の結果を示す。被験者によって、所要時間に、かなりばらつきがあるが、被験者A,Bのテストデータ1での結果以外はインタラクティブな操作法のほうが相対的に所要時間が短くなっていることが確認できた。これは、この評価テストの場合、人間は3次元空間内の幾つかの断面を記憶して、比較することにより答えを出すことが求められているので、断面の操作を自分の意図で行なうことができるインタラクティブ操作のほうが、周期的走査に比べて、記憶と比較が円滑に行なうことができ、結果として、所要時間が短くてすむものと考えられる。したがって、テストデータ2での結果のほうが、効果が大きい被験者が多いので、複雑な領域分布と表示断面の位置の認識に、インタラクティブ操作が、より有効であることがわかる。

4. まとめ

連続性のある3Dボリュームデータデータを表示するために、3Dデジタイザで視点変更と表示断面の移動をインタラクティブに行なえるシステムを実現した。この方式により、オペレータの3Dボリュームデータの分布状況の直観的認識が容易になることを評価実験により確認した。今後の課題として、今回用いた3Dデジタイザでは作業点の保持ができないので、手振り入力や音声入力を補助とするインタフェースの開発をしていくことが挙げられる。

[参考文献]

- 1)村上、岡村、谷崎：
生産機械の運転条件探索のためのオペレータ支援システム
第7回SICEヒューマンインタフェースシンポ' 91
- 2)村上、岡村、谷崎：
制約に基づく生産機械の運転条件探索支援
第31回計測自動制御学会学術講演会 (1992)
- 3)Louis T.Manzione 天野訳： 射出成形用CAE
工業調査会
- 4)Gregory M.N.,Thomas A.F.,Bernd H.&David L.:
Visualizing and Modeling Scattered Multivariate Data
IEEE Computer Graphics & Applications
pp.47-55 (May 1991)
- 5)山口：コンピュータグラフィックス
日刊工業新聞社
- 6)野呂：調査実験 人間工学 日刊工業新聞社