

◎加藤正雄, 寺尾道仁, 関根秀久 (神奈川大・工)

1. はじめに 吸音体などを含む境界要素法 (BEM) 音場解析は部分領域化を必要とする。また、複雑な境界形状からなる多数の物体を含む大規模な音場解析では、音場の部品化または部分構造化とその結合の形態をとらざるを得なくなる。その場合、部分構造化の形状モデリングや座標入力などの幾何学データ作成およびその結合に関するグラフィカルな支援ツールが不可欠になる。

そこで、我々が用いている2次元および3次元部分構造化境界要素音場解析ソルバ[1]に適合するPCプリプロセッサSSBPrePの開発を試み、膨張管を含むダクト内音場を解析例としてその有効性を調べる。

2. 開発環境

PC プリプロセッサ SSBPreP の開発環境は次のとおりである。開発マシン: Gateway2000 GP-400 (CPU Pentium II 400MHz, メモリ 192MB), OS: Windows98, 開発言語は Microsoft Visual C++ 6.0 (SP3) である。GUI (Graphical User Interface) の充実に力点をおき、入力操作の簡略化を図っている。特に3次元の画面表示のライブラリには OpenGL[2] を用いた。

3. SSBPreP 開発における主眼点

Fig.1 に示すような3次元膨張管マフラにおける部分領域分割, ドメイン (部分領域) 番号, パッチ番号, 節点番号, 節点座標などのような幾何学形状データ (Geometry Data) 作成において, 手作業入力では入力時間と入力ミスが多である。この作業のGUIによる簡易化, Geometry Dataの自動作成, 実時間画像出力による幾何学

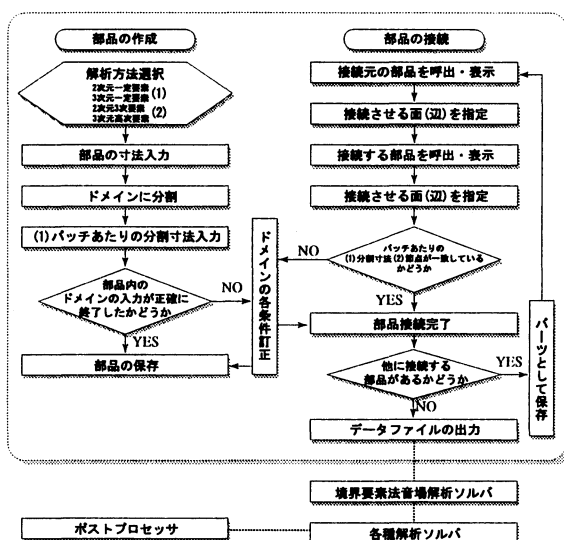


Fig.2 Flow chart of preprocessing

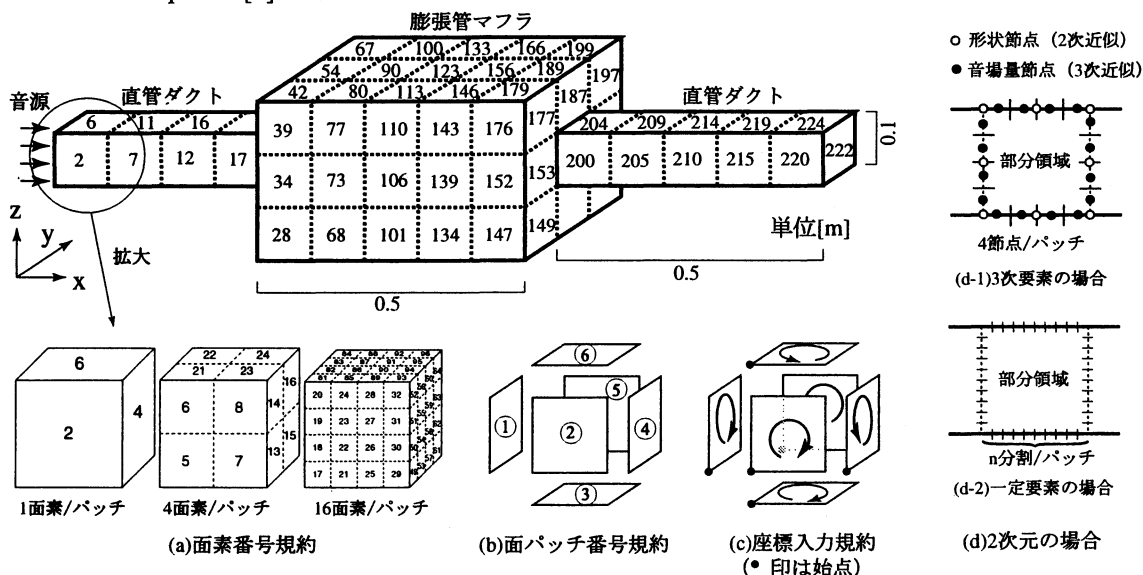


Fig.1 3D sub-structure model of an expansion chamber

*A development of a preprocessor for an acoustic boundary element solver of substructure type.
By M.Katoh, M.Terao, H.Sekine (Kanagawa University).

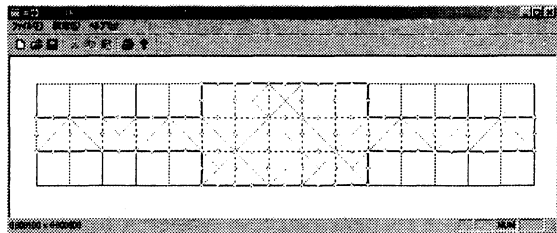


Fig.3 GUI for modeling into sub-domains (2D case)

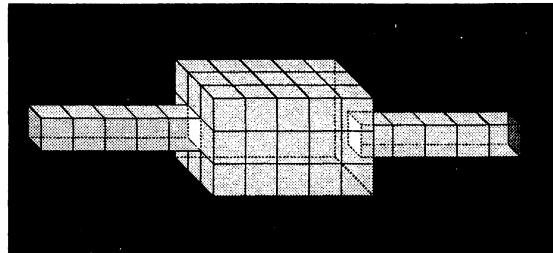
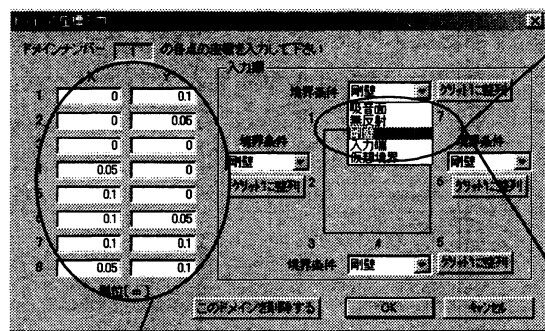


Fig.4 GUI for checking 3D geometry by OpenGL functions



Geometly Dataへ引渡し

```
void CGeomMesh9DData::OnFigDataExport()
{
    ...
    fprintf(fp, "%5d%5d%5d%5d%5d%5d",
            NDOMA, NOBEL_NDF, NCOD, NHIGNO, 1, 4, 4, 3, nMaxDom);
    fprintf(fp, "%5d%5d", LDME(LDOMA), NSOUR, 4, 0);
    for (int j = 0; j < 4; j++) {
        int id = InternalPointArray(j, j);
        fprintf(fp, "%5d%5d%5d%5d", LOBEL_LBCODE, NORM, n,
            cummPointArray[id], nPat, cummPointArray[id], nEdgeCond);
    }
}
```

Fig.5 A dialog for 2D of domain correction

画面上の境界の色の指定

```
switch (m_nEdgeCondition[(mIndex[0] - 1) / 2]) {
    case 0: // 吸音面
        pStroke->SetColor(RGB(176, 0, 64));
        pStroke->SetPenWidth(4);
        break;
    case 1: // 無反射端面
        pStroke->SetColor(RGB(176, 0, 64));
        break;
    case 2: // 剛壁
        pStroke->SetPenWidth(4);
        pStroke->SetPenWidth(4);
        break;
    case 3: // 入力端
        pStroke->SetPenWidth(4);
        pStroke->SetPenWidth(4);
        break;
    case 4: // 仮想境界
        pStroke->SetStyle(PS_DOT);
        break;
}
```

Topology Dataへ引渡し

```
void CGeomMesh9DData::On2DRecordDataExport()
{
    ...
    int nMaxPat = nPatArray; //最大要素数
    fprintf(fp, "%5d%5d%5d%5d%5d%5d", nMaxDom, nMaxPat, 4);
    for (i = 0; i < m_domainArray.GetSize(); i++) {
        CDomain* pDom = m_domainArray[i];
        if (pDom) {
            int id = InternalDomainData(pDom);
            nDom = cummDomainArray[id], nDom;
            fprintf(fp, "%5d%5d%5d%5d%5d%5d", domain no, "id ok",
                4, 0, nDom, pDom->m_nDomainNo);
            for (int j = 0; j < 4; j++) {
                int id = InternalPointArray(j, j);
                fprintf(fp, "%5d%5d%5d%5d",
                    cummPointArray[id], nPat, cummPointArray[id], nEdgeCond);
            }
        }
    }
}
```

```
55 3584 0
96 0 0
1 0 0
0.000000E+00 1.000000E-01 1.000000E-01
0.000000E+00 1.000000E-01 1.250000E-01
0.000000E+00 1.250000E-01 1.250000E-01
0.000000E+00 1.250000E-01 1.000000E-01
2 0
0.000000E+00 1.000000E-01 1.250000E-01
0.000000E+00 1.000000E-01 1.500000E-01
0.000000E+00 1.250000E-01 1.500000E-01
0.000000E+00 1.250000E-01 1.250000E-01
3 0
0.000000E+00 1.000000E-01 1.500000E-01
0.000000E+00 1.000000E-01 1.750000E-01
0.000000E+00 1.250000E-01 1.750000E-01
0.000000E+00 1.250000E-01 1.500000E-01
中略
3582 0
1.475000E+00 1.250000E-01 2.000000E-01
1.500000E+00 1.250000E-01 2.000000E-01
1.500000E+00 1.500000E-01 2.000000E-01
1.475000E+00 1.500000E-01 2.000000E-01
3583 0
1.475000E+00 1.500000E-01 2.000000E-01
1.500000E+00 1.500000E-01 2.000000E-01
1.500000E+00 1.750000E-01 2.000000E-01
1.475000E+00 1.750000E-01 2.000000E-01
3584 0
1.475000E+00 1.750000E-01 2.000000E-01
1.500000E+00 1.750000E-01 2.000000E-01
1.500000E+00 2.000000E-01 2.000000E-01
1.475000E+00 2.000000E-01 2.000000E-01
```

Fig.6 A part of data file for 3D case

的データや、ドメイン・節点などの接続関係と境界条件のデータ (Topology Data) の視覚的チェックを可能にする。ここで視覚的識別の助けとして、2次元の場合はFig.3に示すように形状節点を○印、また、吸音面、無反射端面、剛壁面、励振面、仮想境界面などの境界条件をそれぞれ異なる線種・色で表示できるようにした。3次元の場合はOpenGLを活用し、例えばFig.4に示すように様々な角度から見られるようにした。

4. SSBPreP を用いた膨張管の解析

Fig.1のモデルを例としてFig.2に示すような手順で入力作業を行った。Fig.6に16面素/パッチの場合の自動出力データファイル (約27000行) の一部を示す。その実行時間は約30秒である。

1面素と4面素/パッチの場合の数値計算結果をFig.7に示す。4面素/パッチとやや粗いモデルでも数値解とよく対応している。これは幾何形状やトポロジに関するプリプロセッサ部の妥当性を示すものである。

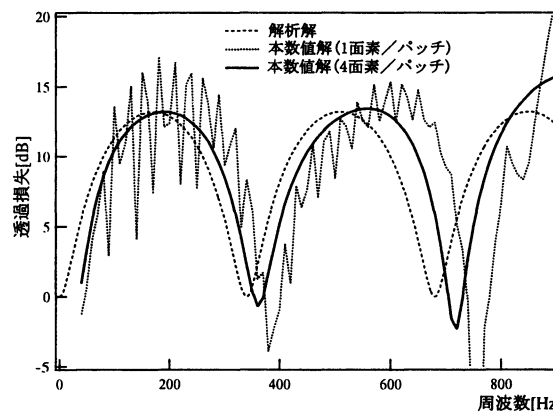


Fig.7 Analytical and Numerical results of expansion tube muffler of Fig.1

5. まとめ

部分構造化境界要素音場解析ソルバに適合するプリプロセッサを開発し、その基本部分が構築できた。音響部品のデータベース化とマウスによる自動接続、CADソフトとのデータ連携、PCのメモリ使用の更なる効率化などが今後に残る重要課題として挙げられる。

参考文献

- [1] 寺尾, 関根, 境界要素法研究会論文集, pp.179-184, 1987.
- [2] 例えば, 松田晃一訳, Clayton Walnut, Win32 OpenGL プログラミング, プレンティスホール出版, 1996.