

Tsumoru SHINTAKE

Linear Collider Working Group

National Laboratory for High Energy Physics

## ABSTRACT

A computer program named "DENKAI" for simulation of electrostatic field has been made. The program solves a field by the FEM (Finite Element Method) on an irregular triangular mesh. It can treat a multi regions problem with dielectric media, which is suitable for design of a ceramic insulator.

### 1. はじめに

TeV 領域のエネルギーを目指す  $e^+e^-$  リニアコライダの実現には、高出力のRF源の開発が必要である。さて、このRF源を開発する上で最も重要なキーポイントの一つが高電圧に耐えるセラミックスの開発であり、セラミックス材料の選択や表面のコーティング、電極の材質など材料面の最適化と同時に、適切な電界分布を与える電極構造の設計が重要な問題となる。

そこで、静電界分布を有限要素法(FEM)<sup>(1)</sup>によって計算するプログラム "DENKAI" を作り、レーザー用の高電圧セラミックスの設計を行なっているので、このプログラムについて報告する。

### 2. DENKAIの特色

- (1) 複雑な構造の問題を効率良く解くため、シンプルなユーザコマンドによって自動的にメッシュ分割を行なうことができる。またコンピュータグラフィクス上で作成されたメッシュの確認を行なうことができる。
- (2) セラミックスなど、誘電率の異なった媒質を含む多領域問題を取り扱うのに適したコマンド構造となっている。
- (3) 銀ロケの部分など、電界が集中する所の電界強度を正確に計算するため、三角メッシュの密度を自由にコントロールできる。
- (4) 任意の境界線上の電界強度をリストする機能があり、耐圧の評価に便利である。

### 3. DENKAIの構造と機能

DENKAIはFORTRAN77 で書かれており、大きく次の 3つグループのプログラムから成っている。

#### (1) AUTO MESH GENERATOR

ユーザコマンドによって三角メッシュを自動的に発生し、領域および境界線にユーザが定義した番号を付ける。

#### (2) FEM - 有限要素法による電界計算

電気ベクトルポテンシャル  $G$  のラプラス方程式、

$$\nabla^2 G = 0$$

をFEM によって解いている。

誘電率および印加電圧を(1) で付けた番号をもとにユーザコマンドによって割り当てる事ができる。

#### (3) 周辺プロセッサ

- \* MESH PLOT - メッシュのプロット
- \* FIELD PLOT - 電気力線のプロット
- \* FIELD LIST - 境界線上の電界強度をリストする。

図3.1 にDENKAIの構造とデータの流れをしめす。ここで、BAND-WIDTH REDUCTIONはFEM のマトリックスバンド幅が最小となるように、三角メッシュのノード（結び目）番号を適切に並べ換える働きがある（R.J.Collinsによる手法を採用している<sup>(2)</sup>）。

メッシュの発生からFIELD PLOTまでの一連の処理は、TSS 上でリアルタイムに行なっており、計算結果を見ながら電極形状を修正し、短時間で設計を終了する事ができる。

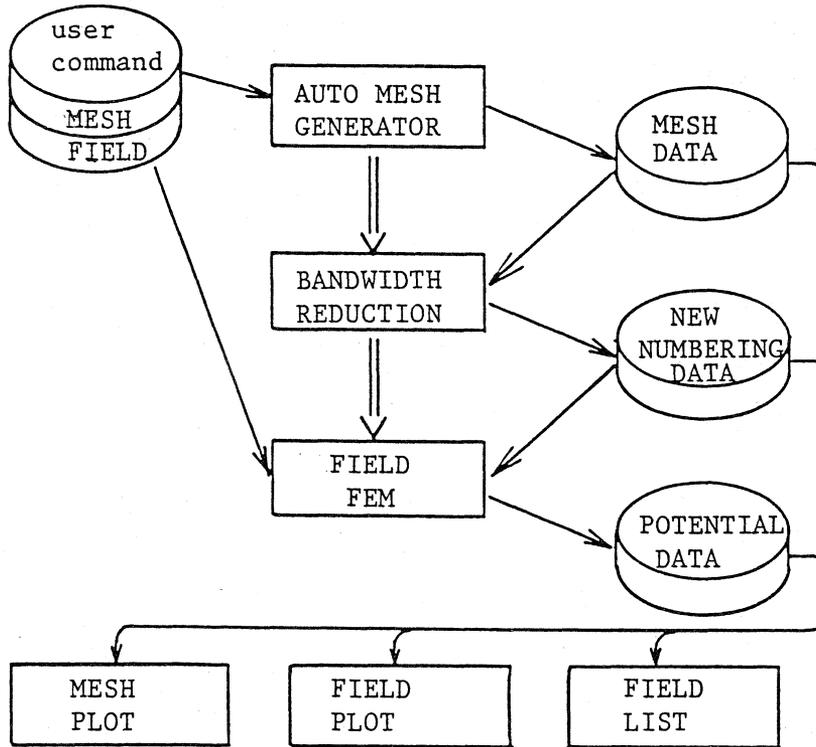
### 4. 計算例

図4.1 にレーザトロン用に設計されたRF反射の少ないテーパ付きセラミックの電界分布を示す。図中の数値はFIELD LISTによって得られた表面電界強度(kV/cm)である。図4.1(a)を見るとセラミック上の電界強度が中心導体付近で 40kV/cmと大きい所があるため、図4.1(b)のようにコロナ電極を延長してセラミック上の電界強度を 15kV/cmにまで低下させたものを実験に用いている。

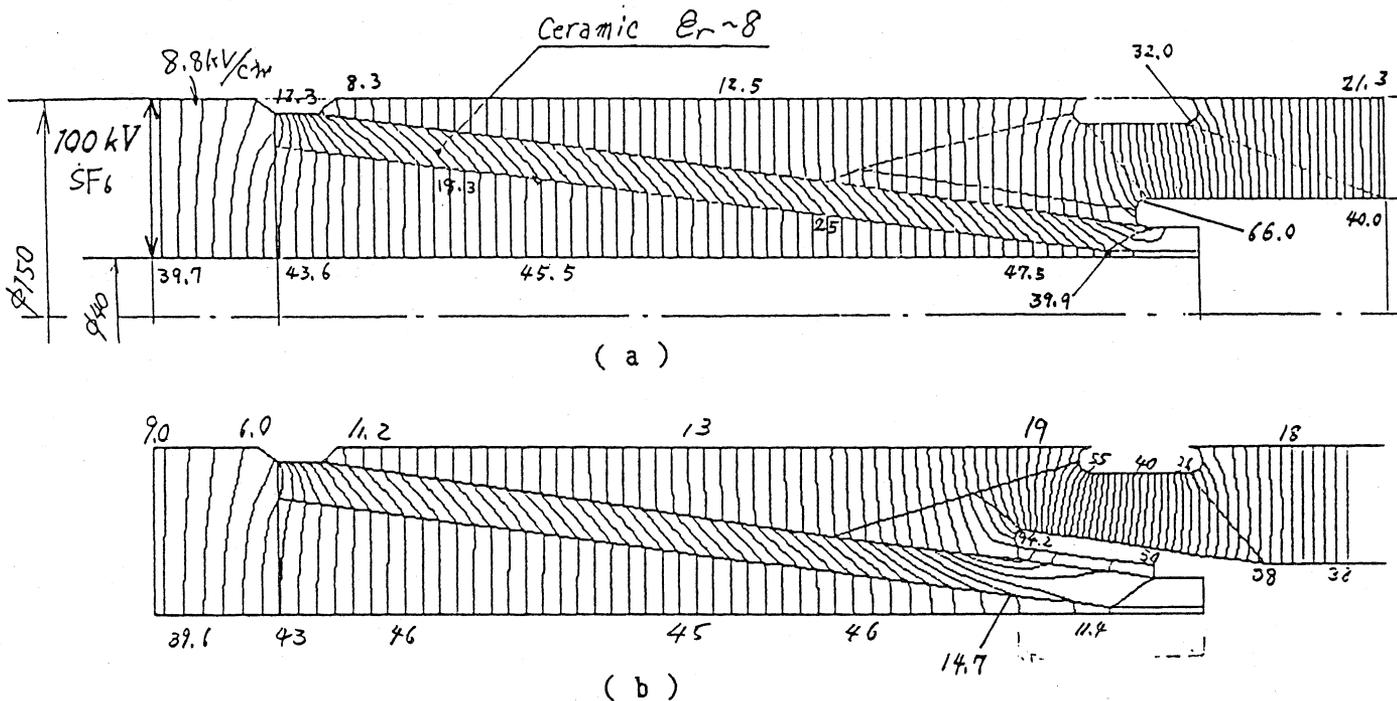
References

1) for example, A. R. Mitchell and R. Wait; The Finite Element Method in Partial Differential Equations, John Wiley & Sons, Ltd. London, 1977

2) R. J. Collins; Bandwidth Reduction by Automatic Renumbering , Int. J. Num. Meth. Engng, 6, 345 ( 1973 ).



☒ 3.1 Data flow chart of DENKAI.



☒ 4.1 Electric field distribution of tapered ceramic.