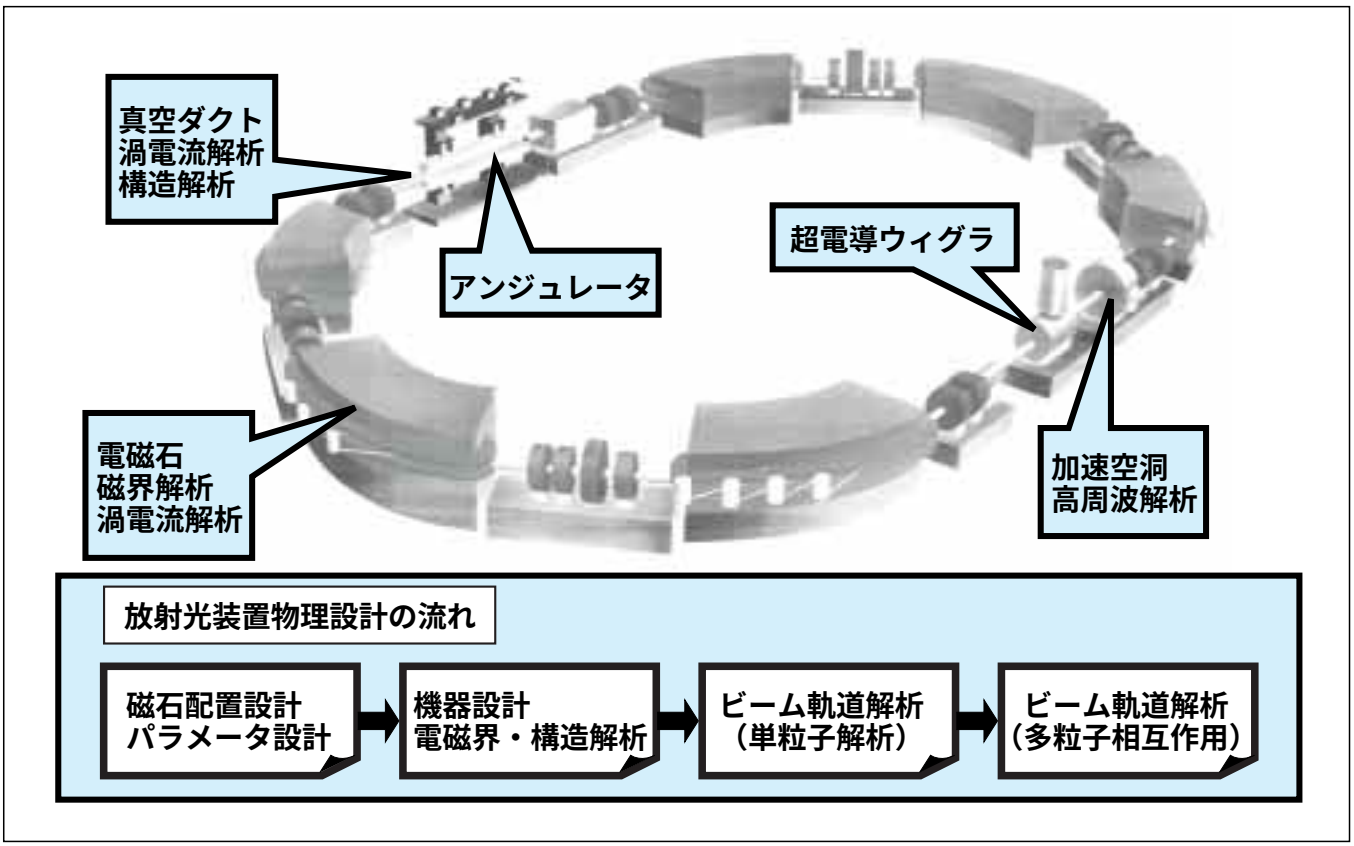
放射光装置のビームシミュレーション（三次元磁界対応新手法）

田中博文*

要　旨

光の速度近くなるまで電子を加速し，これを磁界で曲げると，シンクロトロン放射光と呼ばれる電磁波を発生する。放射光は指向性が良く，高輝度であるので，先端分野への応用が試みられている。放射光装置は電子ビームの運動を電磁界で制御するので，設計には，構成機器の電磁界解析，及び電子ビームの運動シミュレーションが必要である。筆者は，超電導ウィグラの複雑な三次元磁界を精度良くモデル化でき，ハミルトン力学系の性質を崩さずに長時間のビームシミュレーションが可能な，新たな数値解析手法を開発した。さらに，上記手法を用いて，六角形状の小型放射光装置の基本設計を行った。主要パラメータは，エネルギー１GeV，周長36m，蓄積電流300mA，エミッタンス184 nmradである。X線領域と真空紫外領域の研究が可能となるように，磁場強度7Tの超電導ウィグラとアンジュレータを直線部に配置した。この種の放射光装置が実現可能であるかは，超電導ウィグラを励磁したときのビーム周回安定領域が必要とされる領域よりも広いかどうかにかかっている。開発した手法を含む三つの軌道解析手法を用い，周回安定領域を導出した。その結果，安定領域の形状は手法ごとに異なるが，三つの手法の計算結果とも必要とされる領域よりもかなり大きな安定領域が得られることが分かった。すなわち，設計した小型放射光装置は，安定に電子ビームを蓄積できることが分かった。



研究用小型放射光装置と物理設計の流れ

放射光装置は，電子を高周波電界で加速する加速空洞，電子を安定に周回させる磁界を発生する電磁石，必要な波長領域の強い放射光を取り出すために使用する超電導ウィグラ，アンジュレータ等で構成される。製作前の物理設計を精度の良いシミュレーション手法で行うことが，高性能の放射光装置実現のかぎ（鍵）となる。

*先端技術総合研究所（工博）