

制御から見た Magnet 励磁特性の扱い (電子 Linac と KEKB Ring)

古川 和朗

<kazuro.furukawa@kek.jp>

Apr.13. 2005.

KEKB Complex

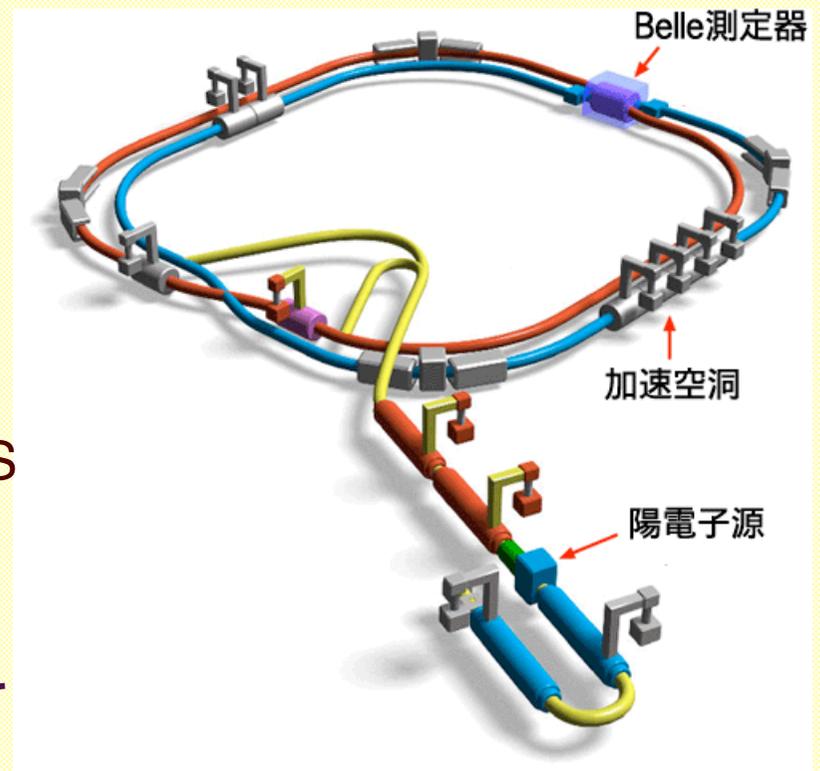
◆ Linac

- ❖ 1993 年から使用している加速器装置指向の多階層制御 System (EPICS への Gateway あり)
- ❖ 中間層部分, 計算機/Network 関係者 2 人、Man-power として約 1 人
- ❖ 励磁特性を含めた装置の扱いは中間層 Server が担う

◆ KEKB

- ❖ 1995 年から EPICS で建設、運転
- ❖ EPICS 関係者約 5 人、Man-power ?
- ❖ 励磁特性を含めた装置の扱いは EPICS IOC が担う

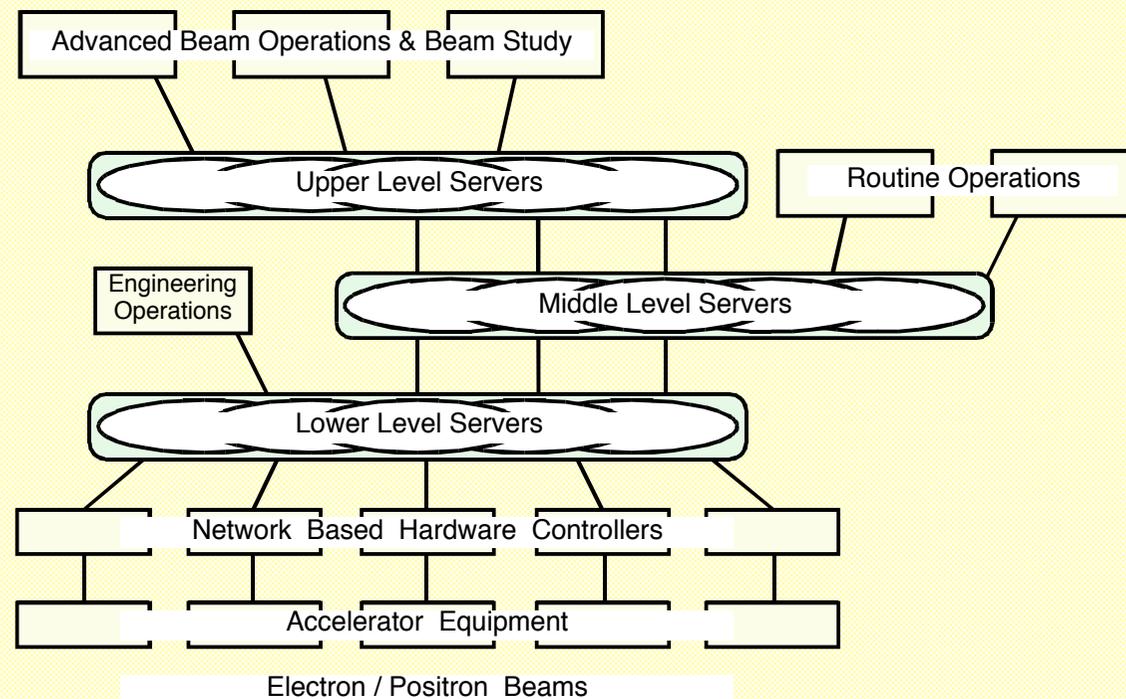
関係者の半分程度が
Commissioning/Operation にも参加している



KEK 8-GeV Linac の制御

◆ 制御システムのソフトウェア構成 (Multi-tier)

- ❖ 制御サーバソフトウェア - ハードウェアに対応する下位層 (UDP-RPC) と加速器装置に対応する上位層 (TCP-RPC)
- ❖ アプリケーション - 制御サーバに対するクライアント. C 言語や Tcl/Tk, SAD/Tk で記述



加速器 Hardware と Modeling

- ◆ あらかじめわかる部分はできるだけ制御側に埋め込み、再利用を図り、運転 Software はそれを利用する
 - ❖ 例えば、較正や有限状態機械 (FSM) の記述など
 - ❖ これによって信頼性、保守性が高まり、運転 Software の開発効率も高まる
- ◆ 機器担当者と制御担当者の密な Communication が重要
 - ❖ 当初から何らかの Relational Database があることが好ましいが、管理者次第
 - ❖ 生 Data を Commissioning Member がいつでも見られることも重要
 - ❖ 本質的ではないが、運転用とは別の File server や Software の面倒も必要
 - ❖ 例えば Excel 内での Macro や Visual Basic の使い方
 - ◆ 制御担当者からの押しつけでなく、機器担当の人が保守を考えて情報を出してもらうことが必要と思う

励磁特性

◆準備（素人の目から見て）

- ❖ できれば磁石や電源の仕様書を書く段階で励磁特性の測定仕様も決めて、各担当者間で統一した方がよい
 - ❖ 電子 Linac は幸い 1 種類の方法だが、KEKB BT は 5 種類、Ring は 6 種類の方法が使われているらしい
 - ◆（もちろん必要があって分けている部分もある）
- ❖ あとで関数を当てはめることを考え、また運転に必要な精度を考え、十分な精度、測定点数を検討する
- ❖ 温度依存性、振動の影響に注意する
- ❖ K 値 - (運動量) -> Model 磁場 - (Fudge) -> 磁場 - (励磁特性) -> 電流値 - (同期, FSM, Interlock) -> Hardware
- ❖ Pattern をどこで扱うかは場合による
- ❖ 標準化 (Standardization) の方法も同時に決める

Software

◆ 関数をどうするか

- ❖ おそらく多項式、順関数を I-B にするか B-I にするか

◆ 逆関数をどうするか

- ❖ 3 次までなら解けるが、それ以上なら Newton 法で解く

- ❖ 逆関数を別に多項式で定義すると精度が上がらない

◆ 区間を区切るかどうか

- ❖ 切ると飽和の部分が表現しやすいが管理が面倒

- ❖ 接続点で値と微分を繋がないと逆の定義がなくなる、繋がるような関数の定義にする方がよい

- ❖ 各区間は 3 次以下にして逆が解けるようにする

Software

◆補正 Coil (Back-leg) の扱い

- ❖ Model でも全く別のものと扱うのか、一つの磁石と扱うか
 - ✧ 普通は別とした方が楽だが、FSM は絡まるので、場合による
 - ✧ Back-leg だけの Standardize も考慮
 - ✧ 双方の設定値が最大になったときに最大電流（最大磁場）を超えないように
 - ✧ 情報が無ければ Main Coil の微分値

◆Fudge

- ❖ 1 次式か

◆Pattern

◆Unipolar/Bipolar の扱い

- ❖ 電源が Bipolar か極性 Switch があるのか

◆排他制御がどのくらい必要か

- ❖ Software の複雑さ

実装：電子 Linac

◆ 中間 Server の一つの Service Command として用意

- ❖ K 値 / 運動量は Model Software 側で補正してから考慮
- ❖ I-B 曲線を区間分け無しで最大 9 次の多項式 (通常 4 次ぐらい)
 - ❖ 励磁特性は 12 個の Parameter で記述
 - ❖ Bipolar などの特性は別の Database から取る、別名処理も有り
- ❖ 逆関数は Newton 法
- ❖ 一部 Visual Basic で加工した Excel File で受け渡し、制御側でも少し Script で加工

実装 : BT, Ring

◆ EPICS IOC

- ❖ Excel 等で受け取り、Database 担当者が Oracle に書き込み
- ❖ HugeSubr Record と C で書かれた Subroutine の組み合わせ
 - ❖ 励磁特性には 14 個の Field、他の Record との Link 用に 26 個の Field など 100 個近い Field がある
 - ❖ HugeSubr は汎用だが、EPICS Base ではなく KEKB 独自
 - ❖ Ai 等の組み合わせでも作れるが、Memory を食うなど妥協点を探す必要がある
 - ❖ C の Subroutine は 11 種類の方法を Support して 3000 行程度
- ❖ FSM (Interlock 等) とは Hardware が別々なのでできるだけ分離、一部排他制御で接続
- ❖ Hardware (設定: ArcNet、読み: GPIB Scanner) は別の Record として EPICS Link 接続
- ❖ 全区間 4/5 次で励磁特性を扱っているものが多いらしい
 - ❖ TRISTAN 30GeV 用に作られているものが多いからか? (実仕様は 8GeV)
- ❖ 一部 3 区間に分け、2 次, 2 次, 3 次で繋いでいる
- ❖ Operation Point がほぼ一定のものと、全区間使うものが有る

J-PARC

◆仕様を早めに決めた方がいい...

終わり