

KEK40MeV 陽子リニアックのパルス波形モニター系の改造とその応用

南茂 今朝雄、五十嵐 前衛、濁川 和幸、高崎 栄一
高エネルギー加速器研究機構
〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

概要

KEK-PS-LINACグループは、1997年本研究会で報告したように、PLC(Programmable Logic Controller)を導入し、全制御系を更新した^[1]。その際、パルス波形のData Takingは、S&H回路出力(Timingはビーム有りの時間とした)にAD変換モジュールを接続し、PLC制御系内に取り込んだ。今回、PC-BASED測定機器を導入し、全てのパルス波形(RF、ビーム関連の波形等々)のData Taking同時性を確保し、同一波形内で数点のData Takingを実施可能なデータ収集系を構築する。更に、その応用例として、リニアック加速エネルギー安定化を試みている。

今回、データ収集系の構成とエネルギー安定化の実験結果を報告する

1. はじめに

KEK-PS-LINACは、入射器として順調な運転が行われているが、後段加速器の運転状況並びにユーザー側の要請により、ビームを加速しない時間帯が出来る。そのような運転状況下では、S&H回路+AD+PLC系で収集されるパルス波形信号の意味が状況毎に異なり、正確なデータ収集の役を果さない懸念があった。そこで、今回PC-BASED測定器を導入し、同時Data Takingとパルス内の波形安定性を得る事にした。PC-Based測定器として横河電機のWEシリーズを使った。WEシリーズ導入に際しては、20Hz(繰返し数)Data Takingの可能性の有無が検討事項であったが、Data Takingの同時性を優先する事にした^[2]。簡単な概念図を図1に示し、図2にtiming系を示す。

この監視系を有効に使用する為に、計算機を経由した遅いfeedback系を構築し、PS-LINACのビーム特性の向上を考えている。最初の試みとして、デモンストラを使ったリニアックのエネルギー安定化を試みる事にした。エネルギー安定化自身は、以前報告した様に^{[3][4]}アナログfeedback回路で実験し

たことがあり、若干インテリジェンシーを持ったfeedback系の構築が望まれていた。

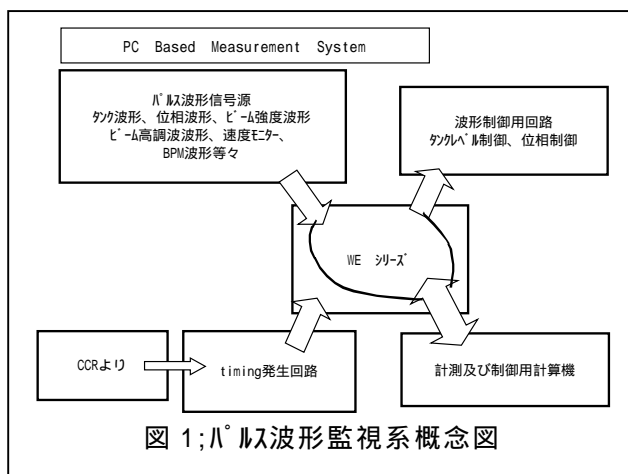


図1;パルス波形監視系概念図

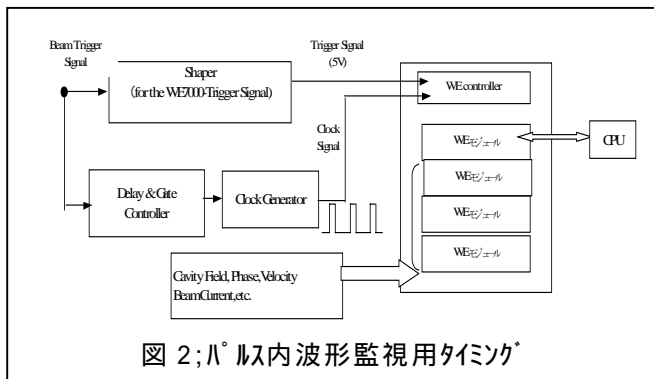


図2;パルス内波形監視用タイミング

2.WE構成とプログラム開発

PC-Based測定器として導入されたWEシリーズの構成を写真1に与える。測定用モジュールとしては、WE7275(1MS/sアイレーションデジタイザ-モジュール)を借用し、将来のfeedback出力モジュールとしてWE7281(100kS/s isolated D/Aモジュール)を選択した。このWE7281は、色々なパラメータ(サイクル、サイクル間位相等)に対するリニアック特性を測定する際に、設定値変更にも使用される。即ち、長期shut-down後のリニアック運転立ち上げ時実施しているリニアック特性測定の自動化を狙っている。

プログラムは Visual Basic 並びに WE CONTROL APIソフトウェアを用いて製作した。

最初の目標は、デバッチャーによるリニアック加速ビームの安定化であるが、その為、図3の波形監視系が構築された。実状は、Visual Basic、WEソフトに慣れる為、最初にモニター監視画面の表示が行われ、次にデバッチャー位相設定電圧(WE7281)を変更させ、40MeV速度モニター-1と40MeV速度モニター-2等々が記録(WE7275)された。図4に、測定プログラムの画面を示す。

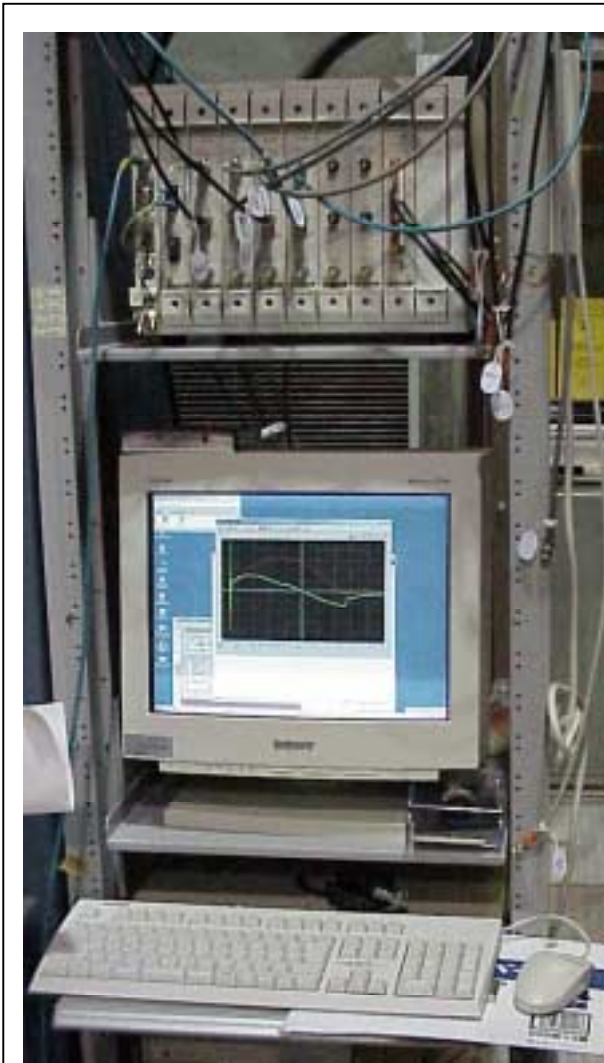


写真1 ; WE-監視系の構築写真

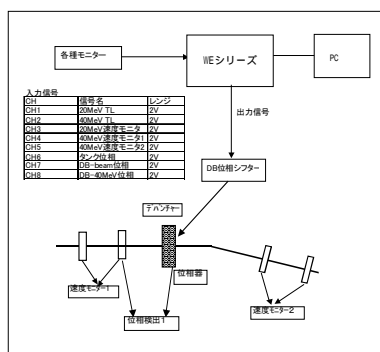


図3; デバッチャー周辺の監視系

3. 測定結果と応用

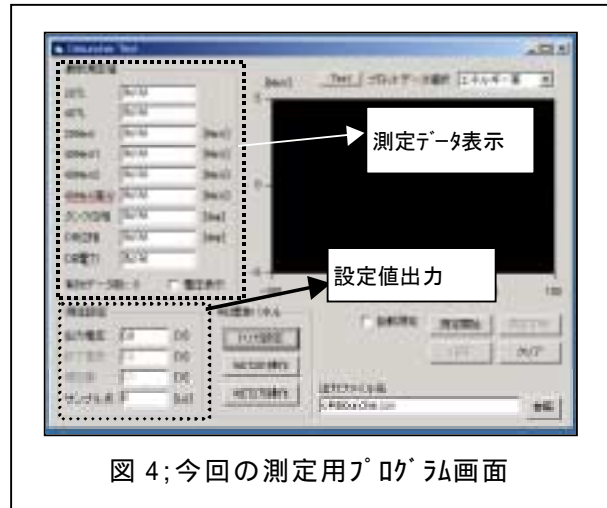


図4; 今回の測定用プログラムの画面

我々は、今回導入したPC-Based測定器系(WEシリーズ)を使い、デバッチャーの特性を測定した。デバッチャーへの入射ビームの変更は、20MeVタンクレベル、タンク間位相、40MeVタンクレベルを変えることにより実施した。測定結果を図5、図6に示す。

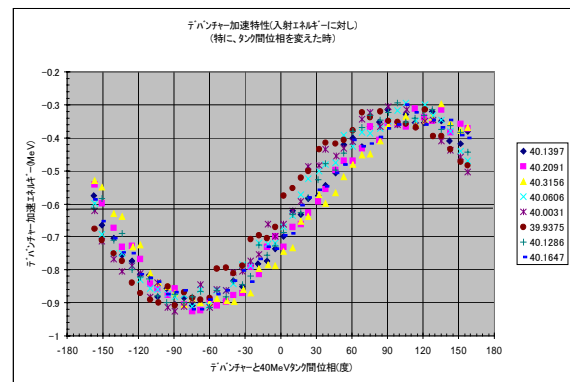


図5; 色々な入射ビーム時のデバッチャー加減速特性

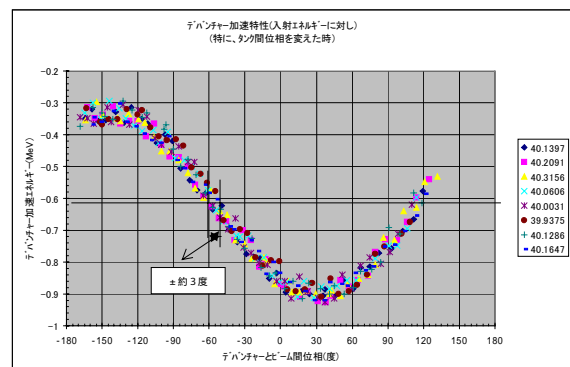


図6; ビームとデバッチャー間位相で見た時のデバッチャー加減速特性 (図5と同時測定された。)

図5、6から明らかな様に、ビームとデハノンチャー間の位相を監視すれば、デハノンチャーの特性を把握するのに良い事が分かる。しかし、不幸にも今回の位相検出器(ビームモニターheadからノイズ信号か?)の出力には、図6にも見られる様に、±数度バラツキが観測された。事実、応用例として、ビームとデハノンチャー間位相が一定値(デハノンチャー状態を維持する位相)になる様にfeedback系を構成し、デハノンチャー状態の確保安定化のテストを試みたが、デハノンチャー後のエネルギーは振動した。失敗であった。一方、幸いにも、色々のパルス波形(20MeVタンク後の加速速度、タンク間位相等々)を監視していたので、陽子のドリフト空間での位相の変化、タンク間位相の変動等の補正を計算機で行い、その正当性を評価した。その結果を図7に示す。図7は、タンクとデハノンチャー間の位相量をfeedback系に組み込んでも、十分な成果が得られる事を示している。

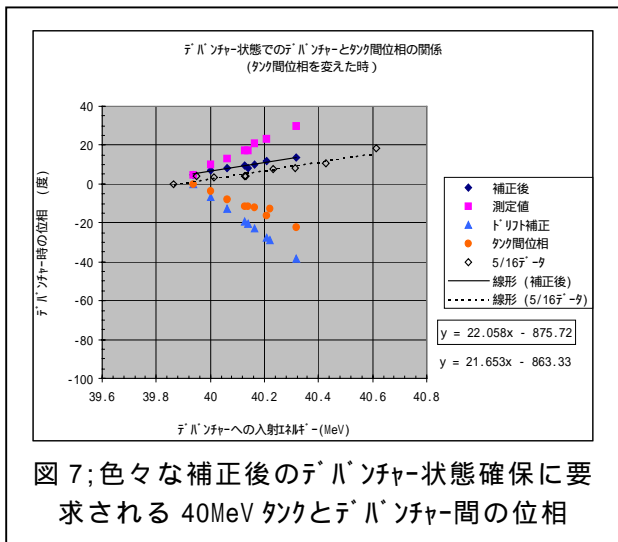


図7; 色々な補正後のデハノンチャー状態確保に要求される40MeVタンクとデハノンチャー間の位相

そこで、feedback系の動作のON/OFFによるビームとデハノンチャー間の位相の安定化を測定した。デハノンチャー状態の確保は、図6に見られる様に、この位相が安定であれば良い事になる。

測定された結果を図8に示す。

図8から明らかに、デハノンチャー状態の確保が出来るfeedback系は完成したと判断出来る。次ぎのstepとして、デハノンチャーによる加速エネルギーの安定化であるが、本当に不幸に、我々のマシナイムが終了し(6/14)、PS加速器の長期shut-downに入った。図5、6、7、8の測定結果は、40MeVリアックのエネルギー変動が(原因が不明でも)±300kV以内であれば、エネルギー安定化が可能である事を示している。

今夏、パルス波形監視系を更に充実し、shut-down後の加速器立ち上げ後、このfeedback系の再テストを実施し、実用化を行う予定である。

前述したビームとデハノンチャー間位相検出系の問

題も解決し、ビームとCAVITY間の位相系も充実させる予定である。

今後のソフトの面での課題としては

- ・正しいフィードバック関数の定義
- ・より使い易いプログラムへの変更(作成)等がある。

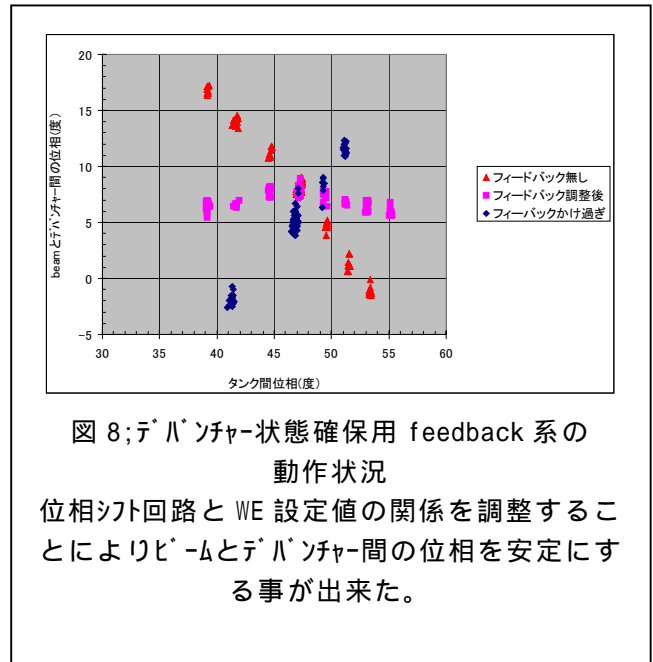


図8; デハノンチャー状態確保用feedback系の動作状況
位相シフト回路とWE設定値の関係を調整することによりビームとデハノンチャー間の位相を安定にする事が出来た。

参考文献

- [1] K.NANMO, et al., 第22回リニアック技術研究会プロシーディングス P178「KEK-PS 40 MeV陽子LINACの制御系の改造」
- [2] E.TAKASAKI, et al., 第24回リニアック技術研究会プロシーディングス P320「KEK-PS 40 MeV陽子LINACの新しいRF制御系」
- [3] Z.IGARASHI, et al., 第25回リニアック技術研究会プロシーディングス P240「KEK 40 MeV陽子リニアックのビーム・エネルギー安定化」
- [4] Z.IGARASHI, et al., XX international linac conference THB09「BEAM ENERGY STABILIZATION OF THE KEK 40MEV PROTON LINAC」