

DTL の磁石短絡対策シミュレーション

2001.7.3 T.Kato

DTL の電磁石は短絡等の事故がありうる。その場合に運転継続が可能かどうかを検討した。この検討は、可能性を単に示すだけの簡単なものであり、もっと多くのケーススタディが必要だろう。原理的には、4 個の自由度があれば、平均的なマッチングの解は見つかるので、残る問題は如何に滑らかに接続するかと思われる。

まとめ

磁石をそれぞれ励磁している構成時、DTL 内の 1 個の磁石が故障した場合、4 個の最近傍磁石のチューニングにより、ビーム損失なしに、DTL 内部を加速出来る。横のエミッタンス増加が予想される。磁石をシリーズ接続して励磁している場合、最近傍の 4 セットのチューニングにより、マッチングが達成される。シミュレーションでは、0.01% のビーム損失とやや大きいエミッタンス増加が見られた。

シミュレーション設定

電流 50mA, equipartitioning, 粒子数 10000

結果—個別励磁の場合

- 1) 定常運転状態のエミッタンス変化を図 1 に示す。図 2 にビーム最大半径の変化を示す。
- 2) 磁石番号 70 (第 1 タンク後部) をオフにする。この時、ビームの透過率は 74% となり、図 3 に示す横エミッタンス増加が見られる。図 4 にビーム最大半径の変化を示す。
- 3) 磁石番号 70 近傍の磁石をチューニングすると、透過率 100% が得られる。図 5, 6, 7 に結果を示す。
- 4) それぞれの運転状態の出力ビームの比較を表 1 に示す。

表1 No.70 Q磁石が短絡した時の、DTL ビーム透過率とエミッタンス増加率 (個別励磁)

	定常	Q70-off + 修正	Q70-off
透過率 (%)	100	100	74
Ex/y-rms 増加率	1.10 / 1.07	1.31 / 1.23	(5.68 / 2.61)
Ex/y-90 増加率	1.13 / 1.10	1.34 / 1.26	(5.23 / 2.52)
Ex/y-99 増加率	1.23 / 1.24	1.93 / 1.64	(7.07 / 3.28)

結果—シリーズ励磁の場合

- 1) 磁石番号 70 (第1タンク後部) をオフにする。この時、ビームの透過率は 72%となる。
- 2) 磁石番号 70 近傍の磁石セットをチューニングすると、TRACE3D では、正確なマッチングが得られる。シミュレーションでは透過率 99.99%が得られ、横エミッタンスの増加は個別励磁に比べて大きくなる。図 8, 9, 10 に結果を示す。
- 3) それぞれの運転状態の出力ビームの比較を表 2 に示す。

表2 No.70 Q磁石が短絡した時の、DTL ビーム透過率とエミッタンス増加率 (シリーズ励磁)

	定常	Q70-off + 修正	Q70-off
透過率 (%)	100	99.99	72
Ex/y-rms 増加率	1.10 / 1.07	1.75 / 1.31	(4.92 / 3.09)
Ex/y-90 増加率	1.13 / 1.10	1.62 / 1.38	(4.68 / 3.05)
Ex/y-99 増加率	1.23 / 1.24	5.03 / 2.08	(6.21 / 4.56)

考察

個別励磁の場合には、近傍 4 個の磁石のチューニングにより、x, y とともに良好な結果が期待出来る。

シリーズ励磁の場合、x 方向と y 方向との間に大きな差が生じている。平均的なマッチング (TRACE3D) は達成されているが (図 11 参照)、シミュレーションでは、エミッタンスの周辺部に特に大きな差が生じる。これは、マッチングを達成する場合の軌道の相違によると思われる。従って、チューニングパラメータを増やせば、改善が期待出来る可能性は残されている。

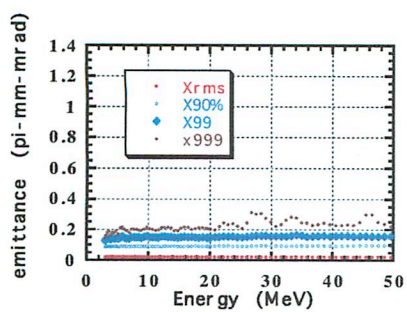


図1 定常状態 x-xd エミッタンス。

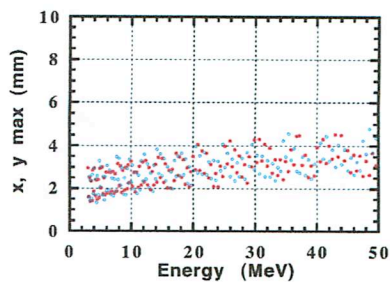


図2 定常状態最大ビーム半径。

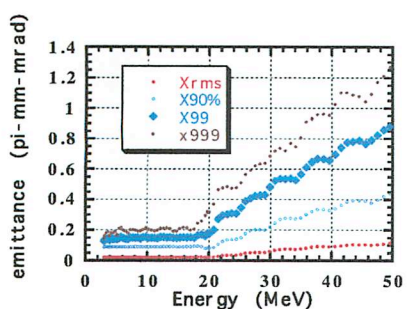


図3 Q70 短絡、個別励磁。

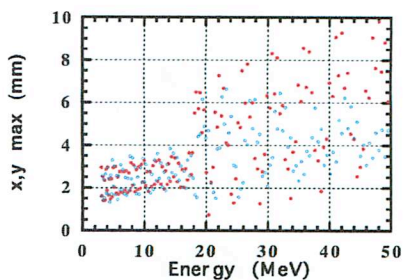


図4 Q70 短絡、個別励磁。

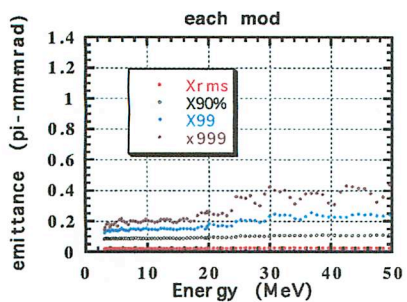


図5 Q70 短絡+修正、個別励磁。

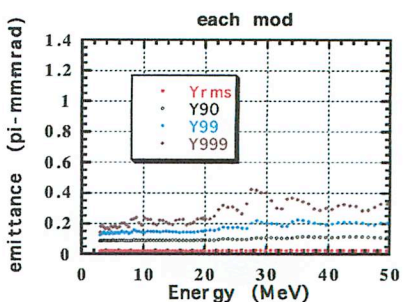


図6 Q70 短絡+修正、個別励磁。

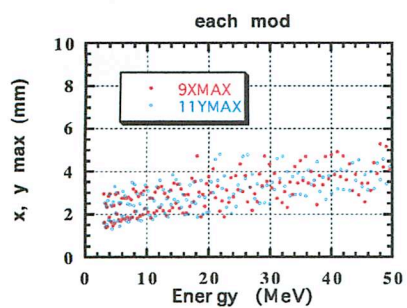


図7 Q70 短絡+修正、個別励磁。

