

PF-AR BT 3.7GeV化の検討 (その1)

2005年3月9日
放射光源研究系
宮島 司

目次

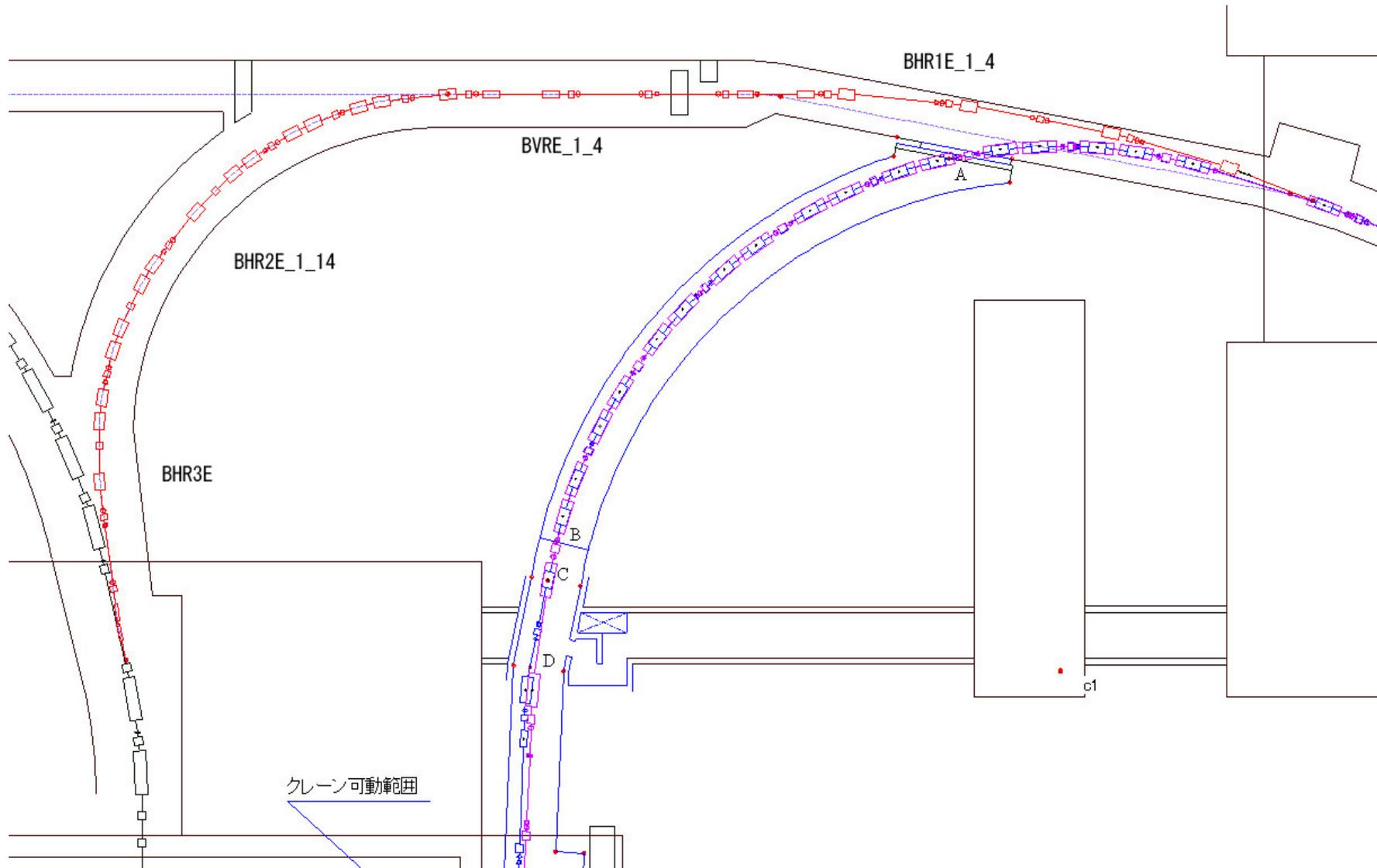
- AR-BT の現状
 - 3.7GeV 化への障害
 - 3.7GeV化の案
 - 電源の仕様と磁場計算(2次元)
 - まとめ
-
- ここでの話しは、KEKB e-/ AR e- BT 共通部から下流の部分に限定

AR-BTの現状

- 偏向電磁石：水平方向19台、垂直方向4台
- 偏向電磁石用電源：4台

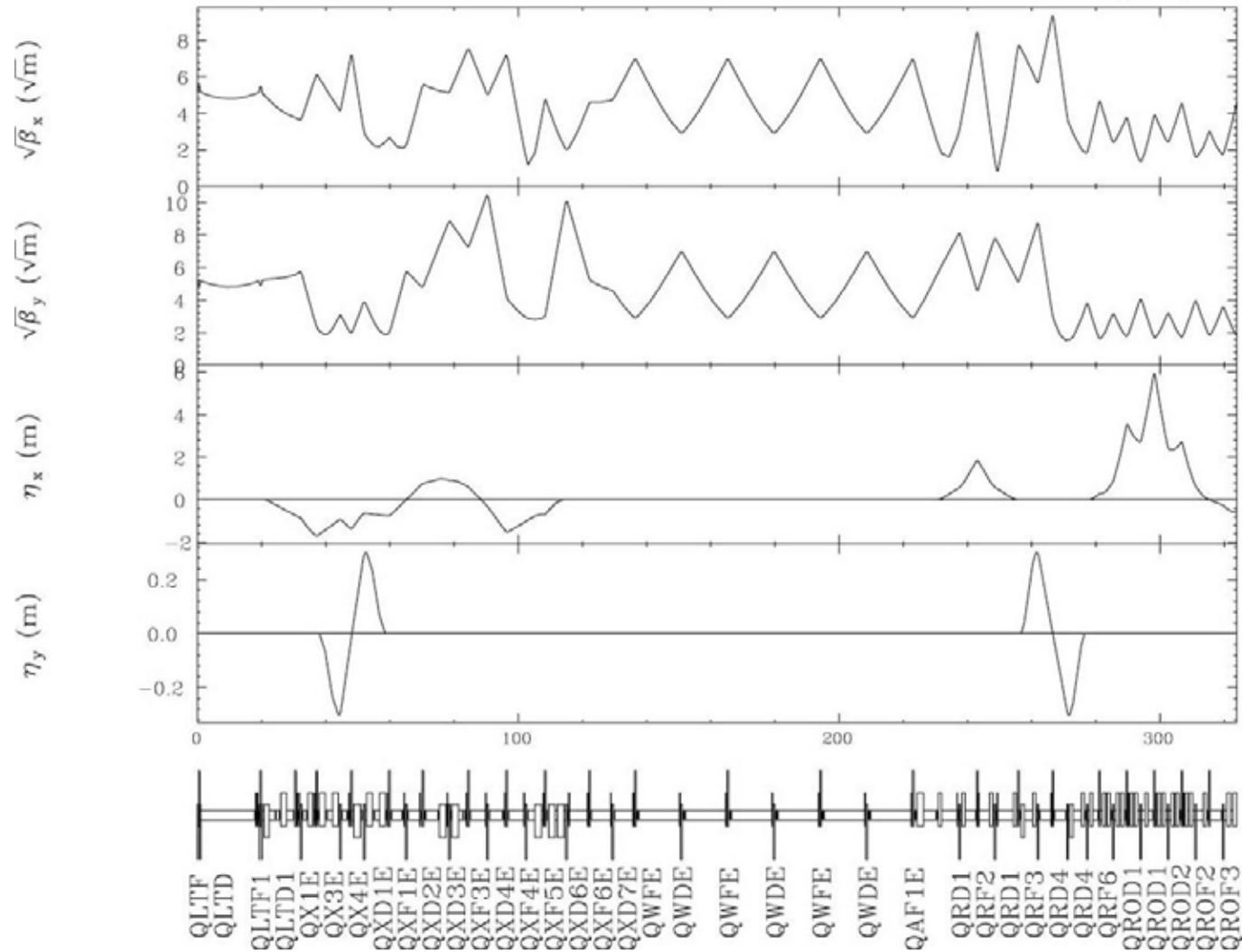
- 4極電磁石：18台
- 4極電磁石用電源：10台

- 現在、3.0GeV で入射
- 2005年3月7日に3.1GeV入射スタディを行う。
1.0mA/sec の入射レート。(ただし、しばしばセプ
タム1の電源が落ちた)



AR-BTのオプティクス

10:58:07 Wednesday 05/19/2004



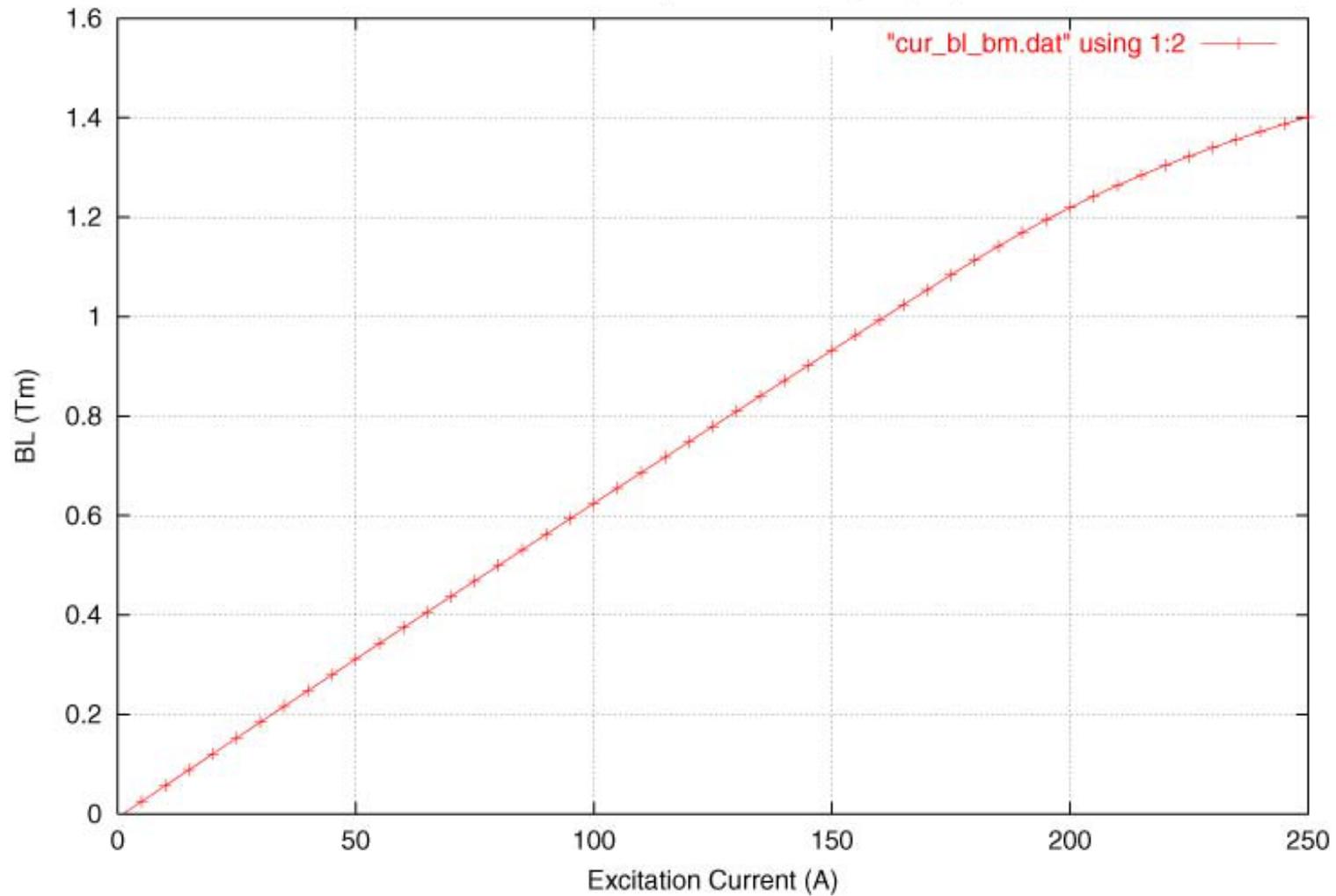
AR-BT偏向電磁石の現状

- 電源 : BHR1E_1_4, BVRE_1_4, BHR2E_1_14, BHR3Eの4台
- 最大電流 : 200A
- コイルの巻数 : 80ターン(1磁極あたり)

電源	曲げ角 (rad)	BL (Tm)	Iset(I)	Vset(V)	Vmax(V)	磁石1台 の抵抗 (Ohm)	磁石1台 のパワー (kW)	全パワー (kW)	磁石数
BHR1E	0.09194	0.9440	151.881	93.0	210.0	0.15308	3.5312	14.1249	4
BVRE	0.07711	0.7917	126.867	80.0	140.0	0.15764	2.5373	10.1493	4
BHR2E	0.11045	1.1340	183.619	400.0	530.0	0.15560	5.2462	73.4476	14
BHR3E	0.11145	1.1443	185.797	31.0	50.0	0.16684	5.7597	5.7597	1

AR-BT 偏向電磁石の励磁曲線

Excitation Curve (AR-BT, Bending Magnet)



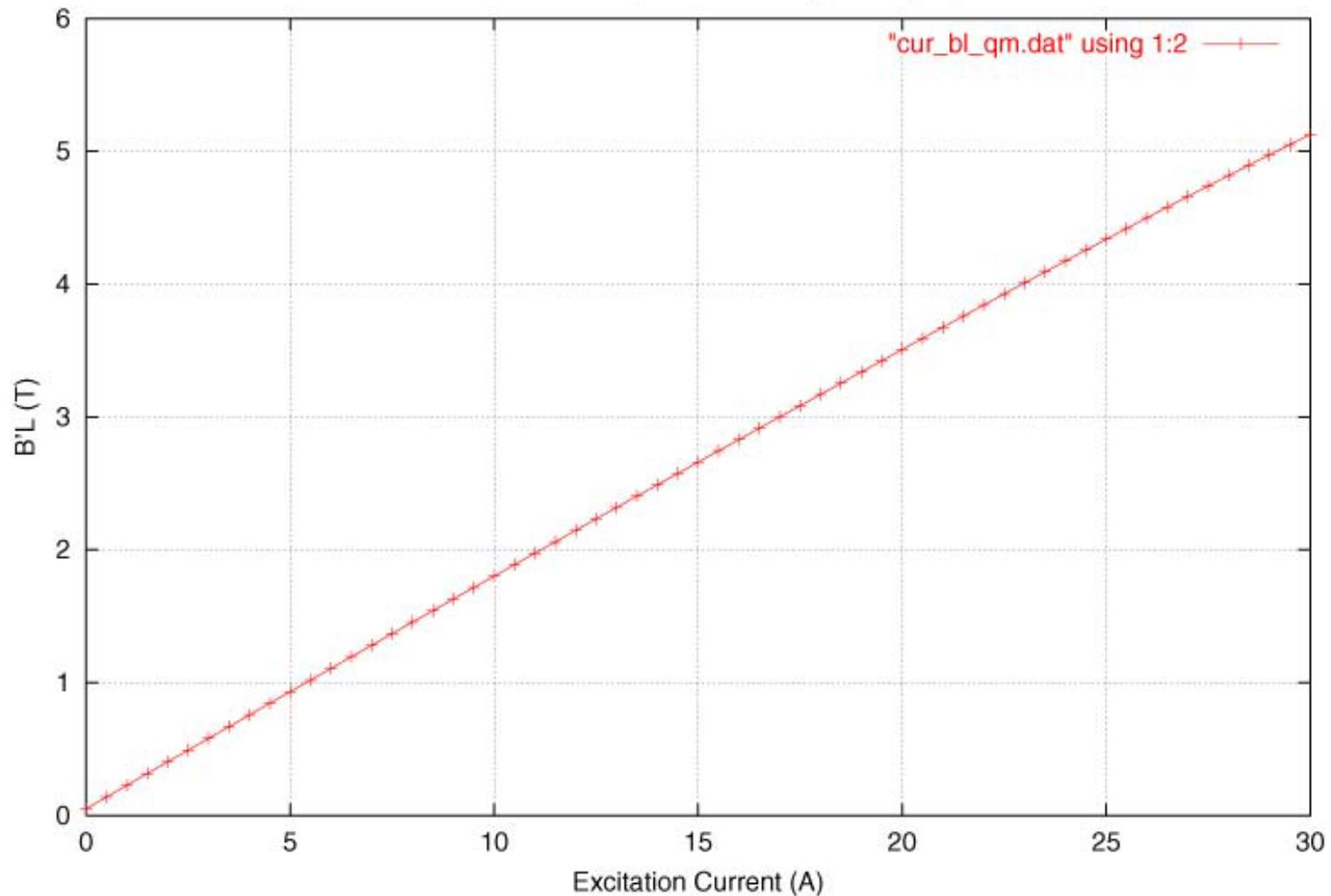
AR-BT 4極電磁石の現状

- 電源 : 10台
- 最大電流 : 30A、巻数 : 120 (turn/pole)

電源	K1	B'L (T)	Iset(I)	Vset(V)	Vmax(V)	磁石1台 の抵抗 (Ohm)	磁石1台 のパワー (W)	全パワー (W)	磁石数
QRD1	-0.14594	1.498	8.249	7.0	25.0	0.424	28.873	57.747	2
QRF2	0.32010	3.286	18.692	9.0	16.0	0.481	168.233	168.233	1
QRF3	0.22463	2.306	12.932	6.1	25.0	0.471	78.886	78.886	1
QRD4	-0.24654	2.531	14.246	12.5	25.0	0.438	89.041	178.082	2
QRF5	0.26642	2.735	15.442	7.2	25.0	0.466	111.188	111.188	1
QRF6	-0.36529	3.750	21.450	10.0	25.0	0.466	214.501	214.501	1
QRO1	0.32770	3.364	19.155	39.0	110.0	0.407	149.409	747.045	5
QRO2	0.30623	3.144	17.849	20.1	110.0	0.375	119.594	358.784	3
QROF3	0.36822	3.780	21.629	10.4	16.0	0.480	224.951	224.951	1
QROD3	-0.16646	1.709	9.465	4.4	16.0	0.464	41.646	41.646	1

AR-BT 4極電磁石の励磁曲線

Excitation Curve (AR-BT, Quadrupole Magnet)



現状の電磁石、電源でどこまで入射エネルギーを上げられるか？

- 一番強い曲げ角のB : BHR3E
- 曲げ角 : 0.1114 rad
- BL : 1.2192 Tm at 200.0A
- P : 3.2793 GeV に対応

- 現状で、**3.25GeV** くらいまで入射エネルギーを上げることが可能(ただし、セプタム(特にS1電源)は、3.1GeV入射中にしばしば落ちた)

3.7GeVで要求される磁場 現状の偏向電磁石(Gap = 34mm)

電源	曲げ角 (rad)	磁石数	BL (Tm)	Iset (A)	Vset (V)	Vmax (V)	磁石1台 の抵抗()	全パワー (kW)	磁石1台 のパワー (kW)
BHR1E_1_4	0.091941	4	1.13473	183.6679	112.4638	210	0.15308	20.65599	5.163997
BVRE_1_4	0.077116	4	0.951757	152.9515	96.44821	140	0.157645	14.7519	3.687974
BHR2E_1_1	0.110455	14	1.363225	237.1824	516.6832	530	0.155602	122.5482	8.75344
BHR3E	0.111456	1	1.375574	241.5931	40.30948	50	0.166849	9.738491	9.738491
p = 3.7GeV									
現状のオプティクスを使用									

- 要求される最大曲げ角 : 0.111rad
- 最大積分磁場 : 1.38 Tm (BHR3E)
- 最大電流 : 242 A (BHR3E)

3.7GeVで要求される磁場 現状の4極電磁石

電源	K1	磁石数	B'L (T)	Iset (A)	Vset (V)	Vmax (V)	磁石1台 の抵抗()	全パワー (W)	磁石1台 のパワー (W)
QRD1_1_2	-0.14594	2	1.801197	9.997182	8.482838	25	0.424261	84.80448	42.40224
QRF2	0.320107	1	3.950719	22.64858	10.90471	16	0.481474	246.9763	246.9763
QRF3	0.224637	1	2.772441	15.65975	7.386563	25	0.471691	115.6717	115.6717
QRD4_1_2	-0.24655	2	3.042876	17.25171	15.13671	25	0.438702	261.1341	130.5671
QRF5	0.266425	1	3.288183	18.7015	8.719315	25	0.466236	163.0643	163.0643
QRF6	-0.3653	1	4.508449	26.05354	12.14609	25	0.466197	316.4486	316.4486
QRO1	0.327709	5	4.044542	23.21391	47.26397	110	0.407204	1097.182	219.4363
QRO2	0.306232	3	3.779476	21.62226	24.34777	110	0.37535	526.4538	175.4846
QROF3	0.368229	1	4.544635	26.27889	12.63527	16	0.480814	332.0408	332.0408
QROD3	-0.16646	1	2.054477	11.4656	5.330005	16	0.464869	61.11168	61.11168
p = 3.7GeV									
現状のオプティクスを使用									

- 要求される最大K1 : 0.682 (1/m)
- 最大積分磁場勾配 : 4.54 (T/m) (QROF3)
- 最大電流 : 26.28 (A) (QROF3)
- オプティクスを変更しなければ、**現状の電源、電磁石で3.7GeV化は可能である**

3.7GeV化への障害

- 4極電磁石は、現状の電磁石、電源で3.7GeV化することが可能
- 偏向電磁石は、BHR2E_1_14, BHR3E の2つの電源で、設定電流が**最大電流値200Aを超えてしまう**
- 3.7GeV 化するためには、偏向電磁石をどうにかしなければならない

PF-AR 3.7GeV BTの検討案

- オプティクスそのまま(全面改造を避ける)

案1: 電磁石電源のみ増強

案2: 偏向電磁石のギャップの縮小

- オプティクス変更(全面改造になる)

(1) 偏向電磁石の長さを伸ばす(検討中)

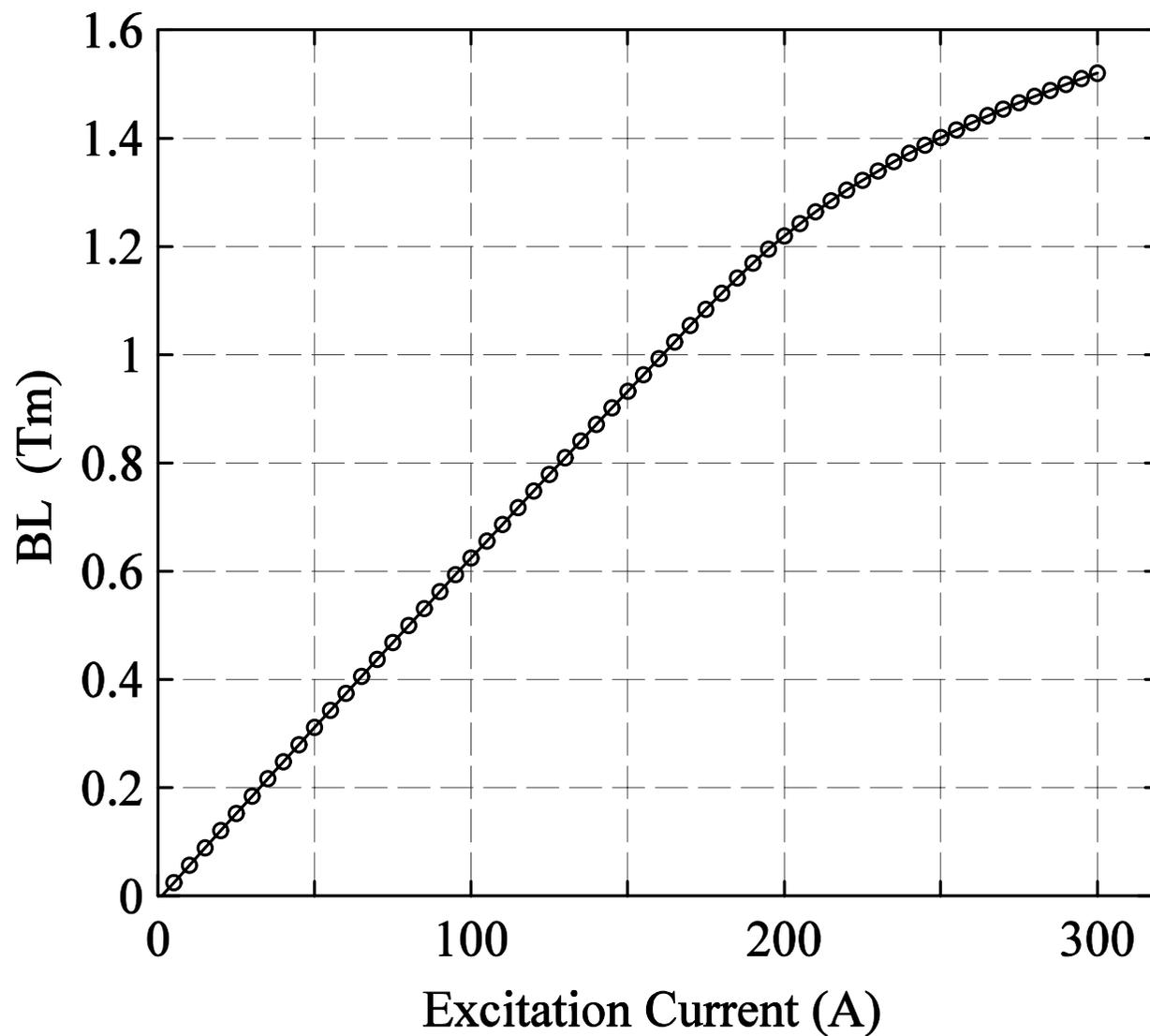
(2) 機能結合型電磁石にする(検討中)

案1：電源のみを増強した場合

- 偏向電磁石の磁場を上げるためには、2つの方法がある
- 一つは、励磁電流を上げること
- もう一つは、磁極ギャップを縮めて同じ励磁電流でも磁場が強くなるようにすること

- ここでは、電源のみを増強した場合を想定し、電源の仕様(最大電流、最大電圧)、磁場の飽和について検討した
- 現在、運転に用いている励磁曲線より、1.4 Tm に達するときの励磁電流を計算した

- 目標：**最大積分磁場 1.4 Tm**



励磁電流 250 A で積分磁場 1.4 Tm を実現できる

案1の検討結果

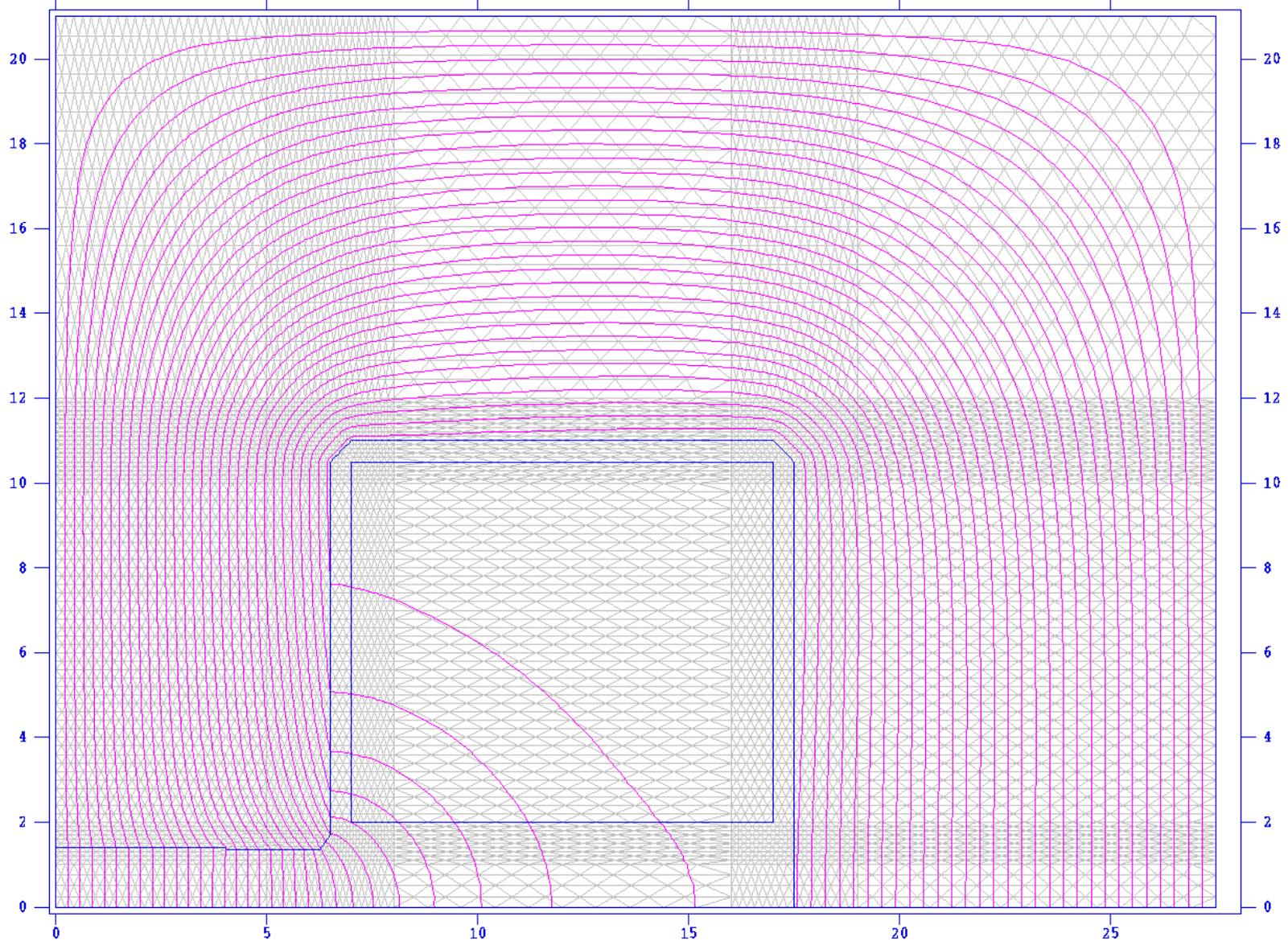
- 励磁電流 250 A で、1.4 Tm の積分磁場を出せる
- ただし、1.4 Tm だと、鉄心の飽和領域に入っている(飽和の影響を調べる必要がある。現物の電磁石を用いて磁場測定を行いたい)
- 電源の仕様 (2台のみ更新)
 - BHR2E_1_14 : 250 A, 550 V (現状:200A, 530V)
 - BHR3E : 250 A, 50 V (現状:200A, 50V)
- 他に、ケーブル類、冷却水系の増強が必要
(冷却水系は増強の必要はないかも)

案2：電磁石のギャップを変更

- 電源は変更せず、最大電流200Aのまま
- 電磁石のギャップを34mmから縮めたモデル(Gap = 28mm)を作り、磁場計算を行った
- 計算には、2次元磁場計算のPOISSONを使用
- 鉄心には、SUYPを使用(実際の磁石と同じ)
- 目標は、**励磁電流200A で 1.32 T**
(有効磁場長を 1.0615m として計算)

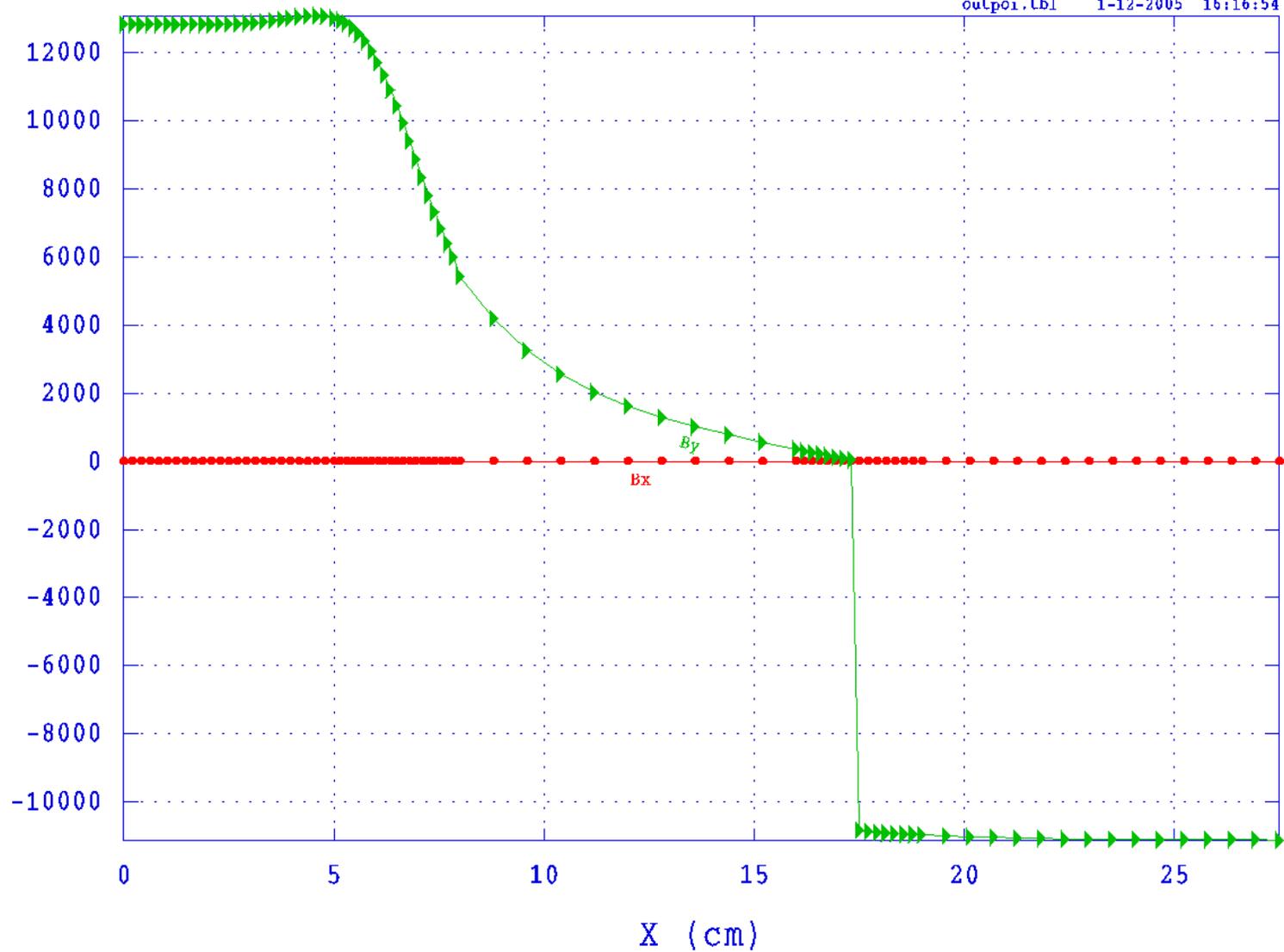
- 実際の電磁石の改造の場合は、上下の磁極が取り外し可能な構造となっているので、この部分のみ新たに製作し、交換する
- 交換する台数は、15台(BHR2E : 14台、BHR3E : 1台)

Dipole Magnet for AR-BT (3.7GeV), SUYP

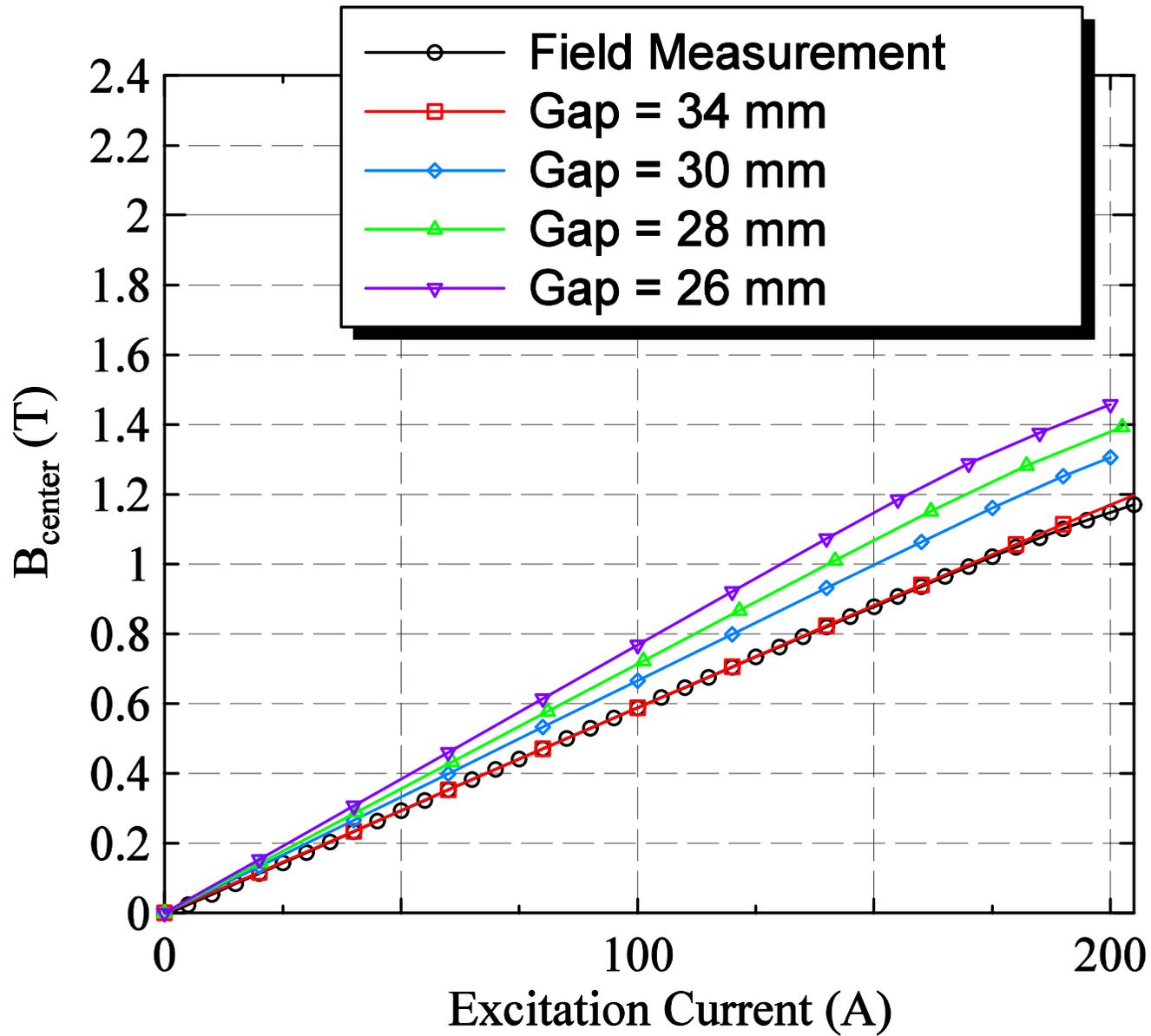


Magnetic field from Poisson run on file ARBT_G28_1.AM
Problem title line 1: Dipole Magnet for AR-BT (3.7GeV), SUYP

outpoi.Ubl 1-12-2005 16:16:54



AR-BT Bending Magnet, SUYP, POISSON



案2の検討結果

- 電磁石のGap 28mm への改造で、電源の改造なしに 1.32 T (1.4 Tm) の磁場を出せそう
(ただし、透磁率を再確認する必要がある)
- 磁極試作とその取り付け作業の見積もり:
250万(1台試作の場合)
- 改造台数:15台
- 他に、ギャップの縮小に伴い、**偏向電磁石内の真空ダクトを更新する必要がある**

まとめ

- 今回、案1: 偏向電磁石電源のみ変更、案2: 偏向電磁石のギャップ縮小の2つについて検討した
- 案1の場合:
 - 電源の変更台数: 2台、その他、ケーブル、冷却水
- 案2の場合:
 - 電源の改造はいらない
 - 偏向電磁石の改造台数: 15台
 - ギャップの縮小に伴い真空ダクトの改造が必要
 - さらに、BPMを増強できると良い
- 4.0GeV化を検討しているときは、あまり現実的ではないと考えていたが、3.7GeVの場合、案1で対応できそう

今後の課題1

- 案1の実現のため：
 - 飽和領域での磁場測定
 - 電源改造の見積もり
 - ケーブル、冷却水系改造の見積もり
- 案2の実現のため：
 - 磁極形状の詳細な検討(特に磁極の端の効果)
 - 電磁石15台改造でどこまでコストが下がるか
 - 真空ダクトの見積もり、BPMの見積もり
- オプティクスを変更した場合についての検討
 - 1) BLを稼ぐために、偏向電磁石を長くする
 - 2) 機能結合型変更電磁石を用いてラティスをつくる

今後の課題 2

- 電子・陽電子が入れ替わった際、ARに陽電子を入射する場合、BT共通部とAR-BTの間の高さが異なる。これをつなぐための垂直方向ベンドを入れる位置を検討する必要がある。
- セプタムの増強(現状では、3.1GeVでもぎりぎり)
- キッカーの増強(パルス4極を使用?)