TDR Part 1:
4.6 Quantum beam experiment(10pages)

Write-up is not yet completed, but plans are presented.

H. Hayano

Write-up contents will be;

4.6 Quantum beam experiment

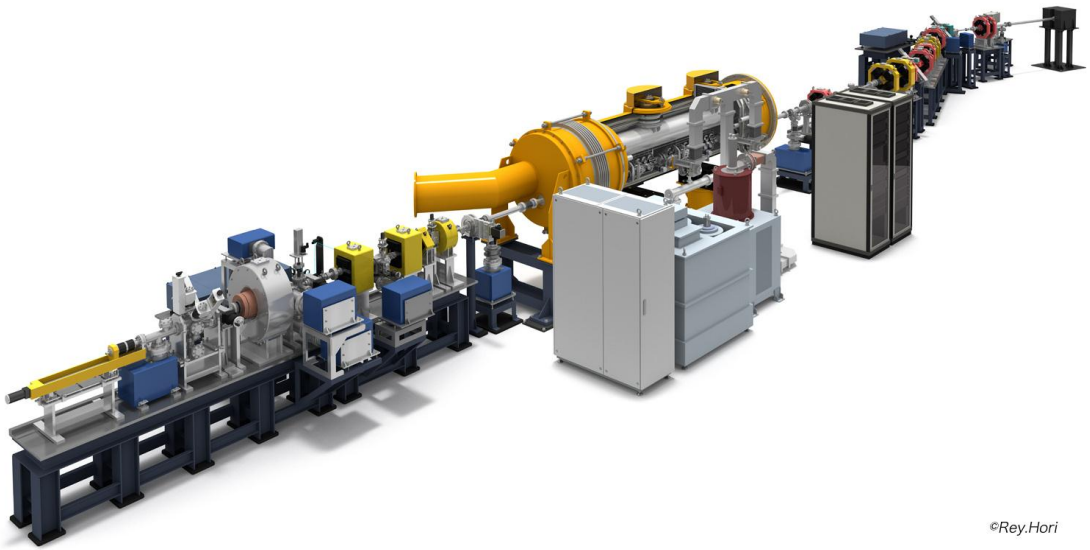
4.6.1 Introduction

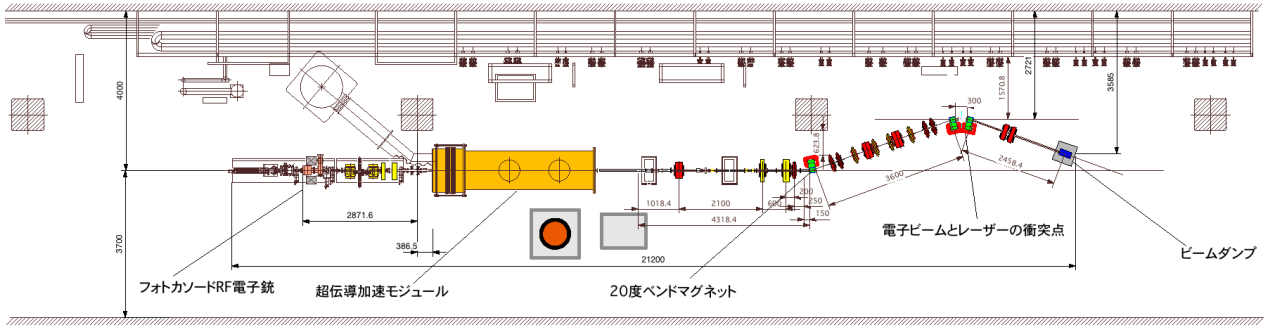
4.6.2 Design and Construction of Quantum Beam Accelerator

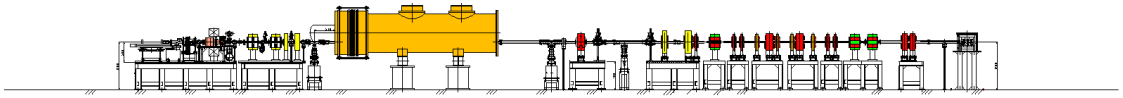
4.6.3 Photocathode RF-gun commissioning

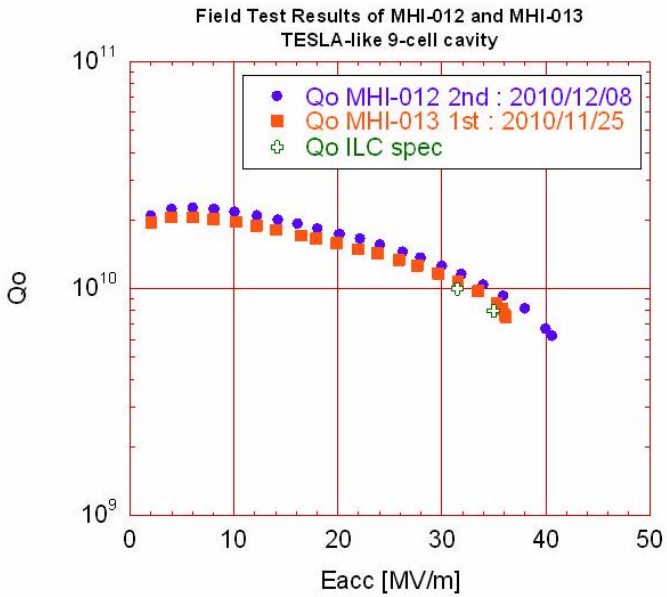
4.6.4 Beam commissioning

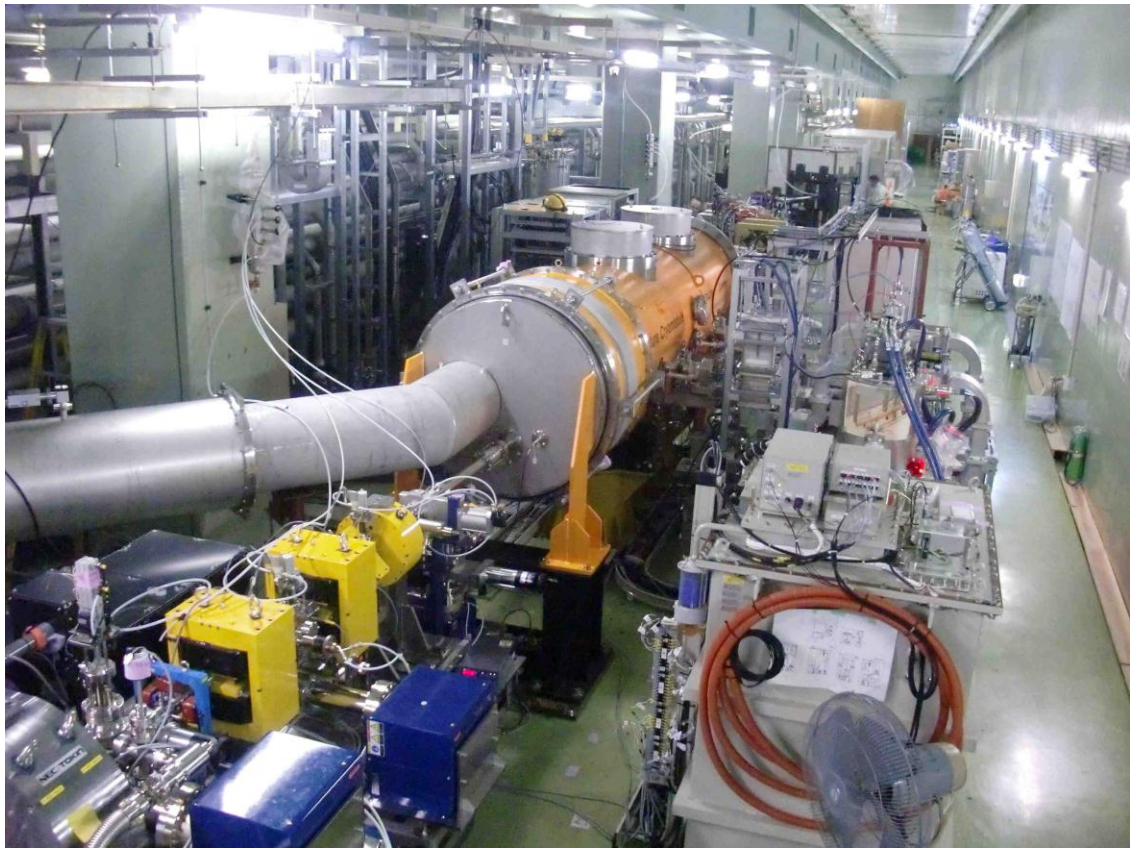
4.6.5 High-flux X-ray generation experiment

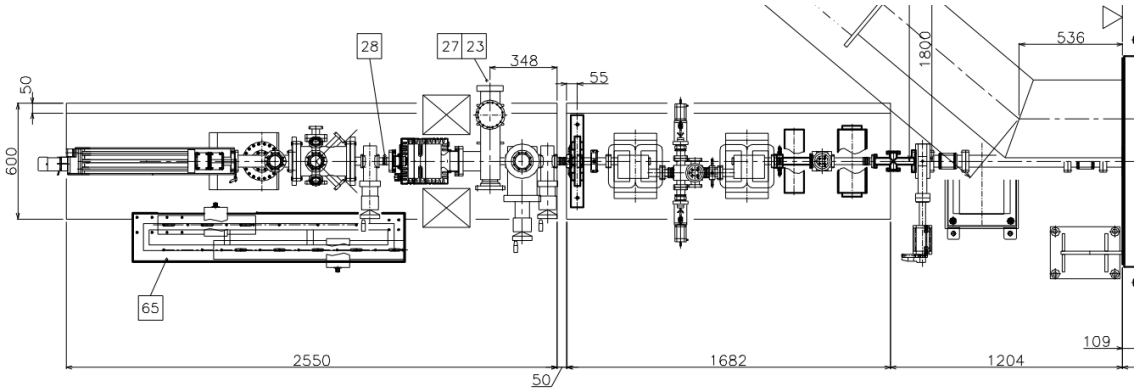

©Rey.Hori

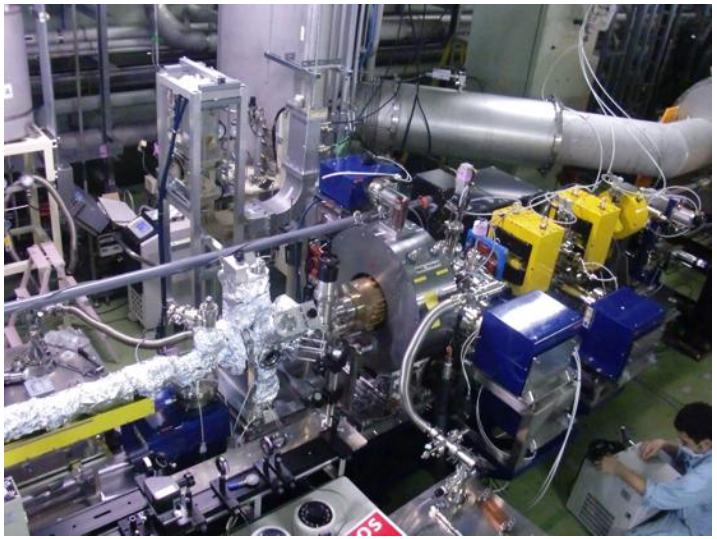

4000
3700
2871.6
386.5
21200
1018.4
2100
4318.4
600
200
250
150
427.8
3600
300
1570.8
2721
3585
2458.4
電子ビームとレーザーの衝突点
ビームダンプ
フォトカソードRF電子銃
超伝導加速モジュール
20度ベンドマグネット

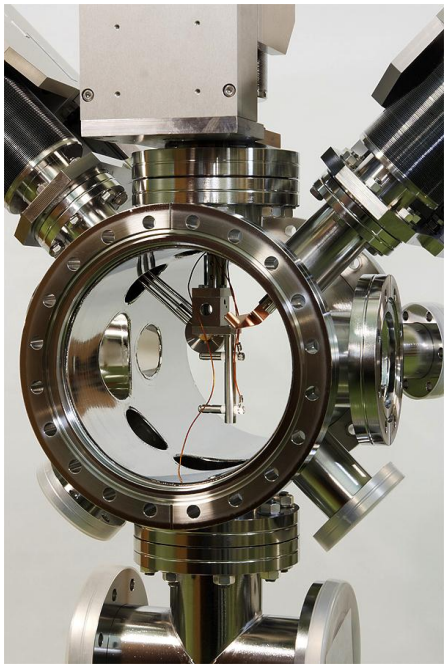


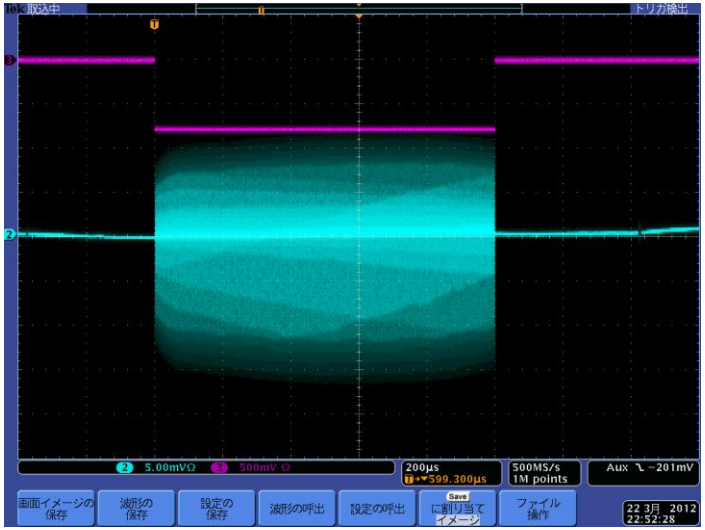

Field Test Results of MHI-012 and MHI-013
TESLA-like 9-cell cavity
Qo MHI-012 2nd : 2010/12/08
Qo MHI-013 1st : 2010/11/25
Qo ILC spec
Qo
10^{11}
10^{10}
10^{9}
0
10
20
30
40
50
Eacc [MV/m]

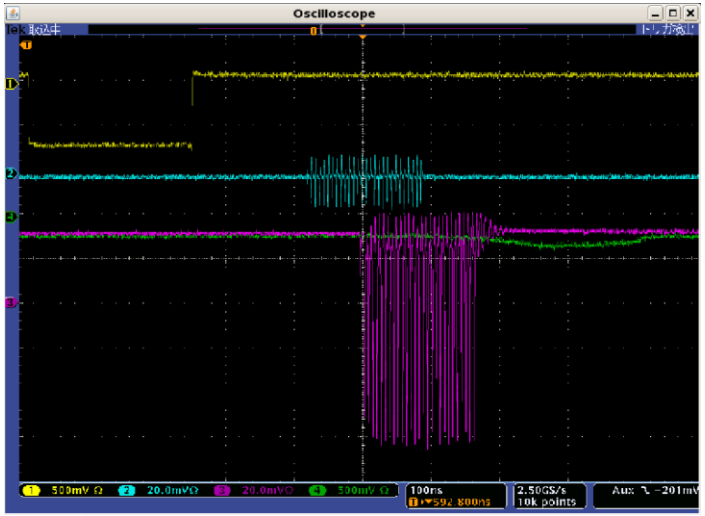


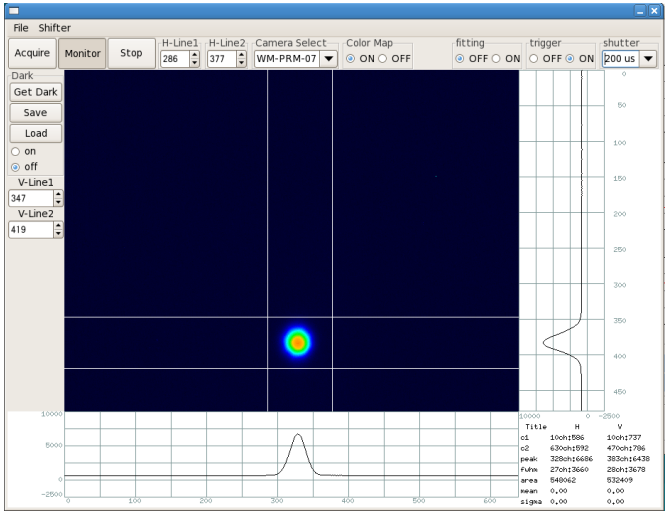

28
27
23
348
55
536
1800
50
600
65
2550
50
1682
1204
109

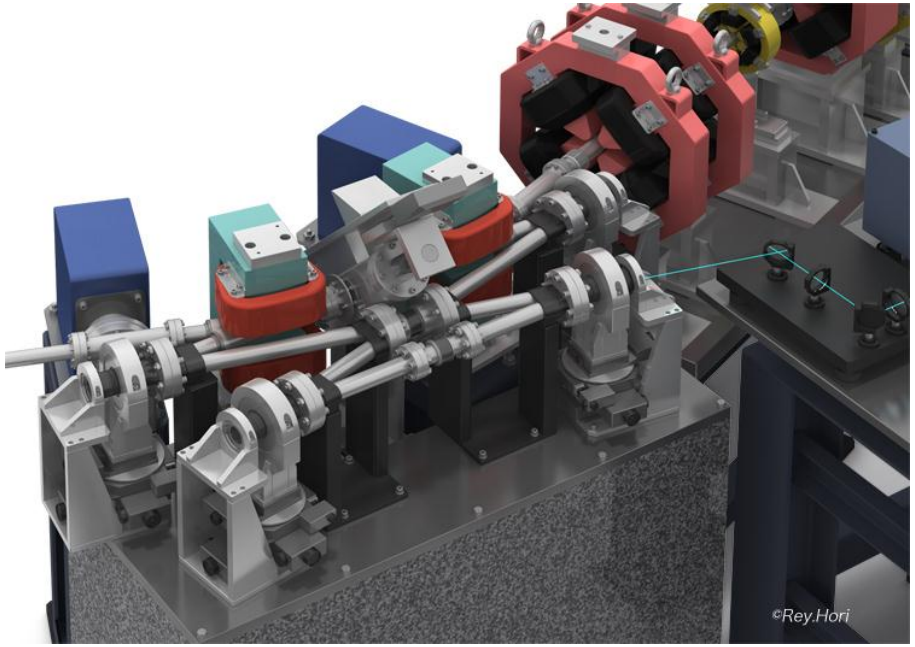


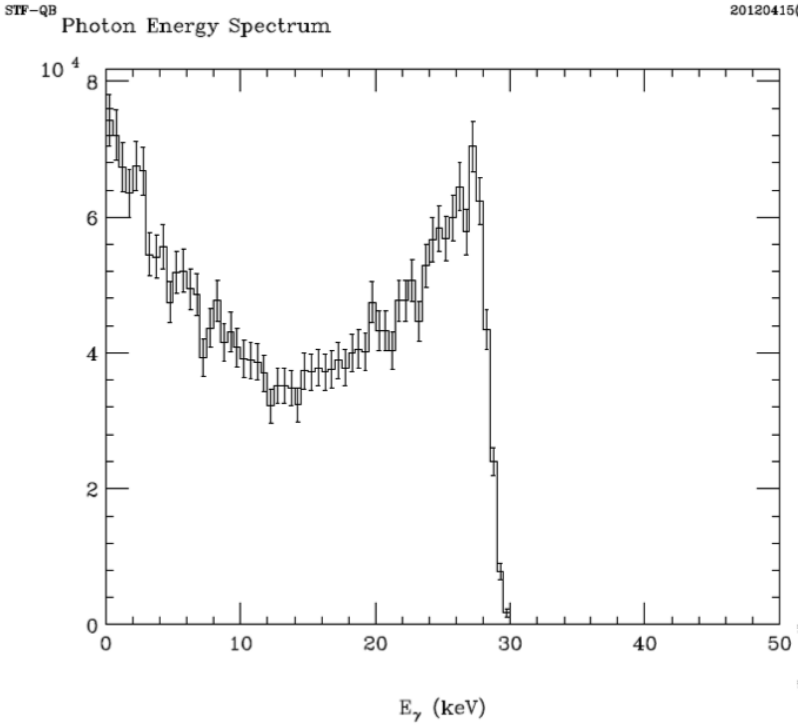



取込中
トリガ検出
5.00mVΩ
500mV Ω
200µs
599.300µs
500MS/s
1M points
Aux ⤵ −201mV
画面イメージの保存
波形の保存
設定の保存
波形の呼出
設定の呼出
Save
に割り当て
イメージ
ファイル操作
22 3月 2012
22:52:28


Oscilloscope
取込中
トリガ検出
500mV Ω
20.0mVΩ
20.0mVΩ
500mV Ω
100ns
2.50GS/s
10k points
Aux ⤵ −201mV


File
Shifter
Acquire
Monitor
Stop
H-Line1
286
H-Line2
377
Camera Select
WM-PRM-07
Color Map
ON
OFF
fitting
OFF
ON
trigger
OFF
ON
shutter
200 us
Dark
Get Dark
Save
Load
on
off
V-Line1
347
V-Line2
419
Title H V
c1 10ch:586 10ch:737
c2 630ch:592 470ch:786
peak 328ch:6686 383ch:6438
fwhm 270ch:3660 280ch:3678
area 540062 532409
mean 0.00 0.00
sigma 0.00 0.00


©Rey.Hori


STF-QB
Photon Energy Spectrum
20120415(
10 4
8
6
4
2
0
0
10
20
30
40
50
E7 (keV)

速空洞を内包するクライオモジュールです。電子ビームは左端で生成され、右方向に加速されます。

１．STF 加速器の建設

□STF 加速器の本格的設置は 2011 年から行われました。9 セル超伝導加速空洞 2 台を横型クライオスタットに装着して（図４の写真参照）ビームラインに設置し、低エミッタンスビーム生成用のフォトカソード RF 電子銃をその上流に設置し、小型高フラックス X 線源用収束ビームラインをその下流に設置しました。ビーム加速に使用する超伝導加速空洞において高い加速勾配を得るために重要な事は、空洞セルに使用するニオブ材の純度や RF 電磁場がかかる空洞内面の平滑度と清浄度です。本開発では、徹底した電界研磨設備環境の清浄化を行い、電界研磨で空洞内部に残存析出する酸化ニオブ微小粒やイオウ微小粒の除去を行う処理方法を導入し、微小粉塵の混入を最小とするような超純水高圧洗浄の手順を採用し、引き続くクリーンルーム内での空洞ベーキングにおいてもシール材表面のインジウム溶出が起きないように工程を改善した結果、本加速器の加速モジュールに使用する 2 台の 9 セル超伝導加速空洞の性能がそれぞれ 40MV/m、33MV/m という高電界まで上げる事ができました。加速モジュールを実験室となる地下トンネルに設置すると同時に、2K 冷凍機や DRFS 大電力 RF システムの組み込み、高精度デジタル RF 制御回路の組み込みを行いました。

電子ビームを小さく絞りレーザーとの衝突を効率良く行うには、超低エミッタンス電子ビームが必要です。これにはフォトカソードを使用した常伝導の L バンド RF 電子銃を使用します。この電子銃によりパルス運転する 9 セル超伝導空洞のビーム加速に適した 1ms トレイン長の大電流の超低エミッタンス電子ビームを生成する事ができます。Cs_2Te フォトカソードは電子銃空洞に背後から挿し込むタイプのモリブデンカソードブロックの表面に蒸着されます。蒸着チェンバーなどのフォトカソード生成システムは電子銃空洞の背後にコンパクトな設計で配置され、加速器の小型化に十分に配慮しています（図５、図６参照）。2007 年から FNAL との共同開発で電子銃空洞と入力カップラーの製作が開始され、2009 年から 2010 年に電子銃部の光学系の設計と製作、フォトカソードシステムの設計と製作、STF phase-2 用レーザーの設計と製作、そして 2011 年

□STF（Superconducting RF Test Facility）では、将来計画である国際リニアコライダー（ILC）の超伝導 RF 加速技術開発を行なっていると同時に、平成 20 年度より開始された文部科学省の「量子ビーム基盤技術開発プログラム」のなかの「次世代ビーム技術開発課題（拠点責任者：浦川順治）」も担当しています。この開発課題は、超伝導高周波加速器技術とレーザーパルス蓄積技術の融合によって、軟 X 線から硬 X 線領域の高輝度光子ビーム（波長 5nm~ 0.025nm）をつくり出し、かつ 10m×６m程度と従来に比べ著しくダウンサイジングをはかった小型高輝度 X 線発生装置の開発を目指します。このような装置が実現すれば、ポストゲノム時代の生命科学研究、ナノ構造の解析、創薬、医療診断、マイクロリソグラフィなどでの利用が、質・量ともに大きく飛躍する事が期待されています。その実現のために、STF では、高品質・大強度の電子ビームを発生するフォトカソード RF 電子銃、大強度電子ビームを安定に加速する高電界超伝導高周波加速装置、高品質の短パルス大強度レーザー蓄積装置、ミクロン精度で電子ビームの軌道を制御する技術とレーザー光路を精密調整する技術の実用化に挑戦しています。STF 棟の地下トンネルに設置された「STF 加速器」は、図１、図２および図３のように、それらの先端的技術開発が必要な装置を組み合わせて構成されています。

図１：□STF 加速器の全体像イラスト：左からフォトカソード RF 電子銃、超伝導高周波加速装置、ビーム収束光学系、短パルス大強度レーザー蓄積装置で構成されています。

図２：□実際の STF 加速器の写真。左の写真：手前左下端が RF 電子銃で、中央に 9 セル超伝導加速空洞 2 台を内包するオレンジ色のクライオモジュールが見えています。右の写真：クライオモジュールの下流側のビームラインで、レーザーとの衝突点は奥側の左から右に折れ曲がった頂点の場所に位置します。

図３：STF 加速器の全体構成図です。オレンジ色のシンボルは９セル超伝導加