



# 全体趣旨説明

ERL Project  
KEK/IMSS

Hiroshi Kawata  
ERL Project Office, KEK

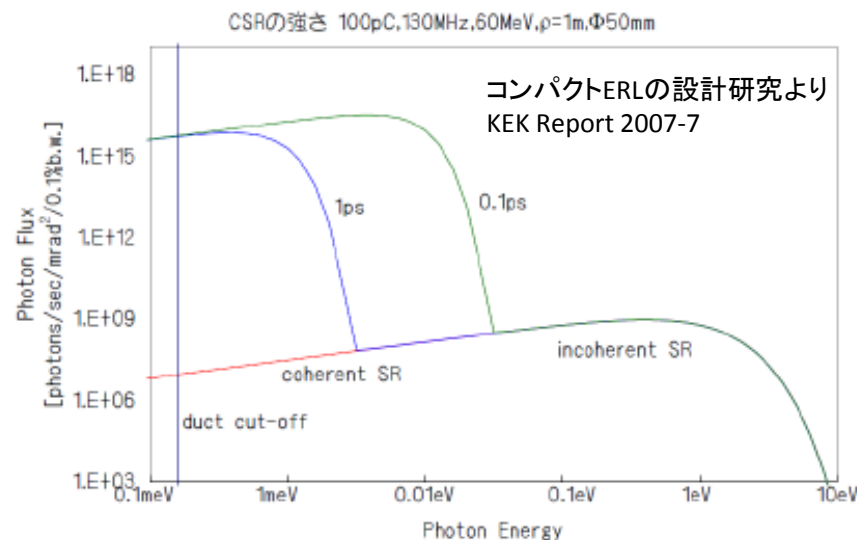
# ワークショップの趣旨説明

- KEKでは、放射光施設の次期計画をエネルギー回収型ライナック (3GeV-ERL)と定めて進めています、その実現を目指してcERLの建設を進め、今年度末には電子ビーム運転を開始する予定
- 一方、cERLは加速器の実証器と言う位置付けだけではなく、テラヘルツ領域(meV)からX線領域(keV)に至る幅広いエネルギー領域に跨る新しい量子ビーム科学のプラットフォーム
- レーザー逆コンプトン散乱X線、コヒーレントテラヘルツ光、フェムト秒短パルスX線としての光源特性を、単一の加速器を用いて実現
- X線位相イメージング、医療用X線イメージング、テラヘルツ分光、テラヘルツイメージング、フェムト秒X線超高速ダイナミクス研究などを複合的に組み合わせた、新しい学術研究

# THzビームライン

- CSRを用いた高強度コヒーレントTHz光源
  - ・ meV領域における電子状態変化の観測
  - ・ コヒーレント性を利用したイメージング
  - ・ フォノン励起用フェムト秒光源

光源	バンド幅	パルス幅	繰り返し	平均パワー	パルスエネルギー	ピーク電場
Table-top lasers	5 THz	100 fs	1 kHz	nW to uW	nJ to uJ	10 kV/cm
cERL (13mA)	5 THz	100 fs	260 MHz	1 kW	10 uJ	1 MV/cm



# レーザー逆コンプトンX線ビームライン

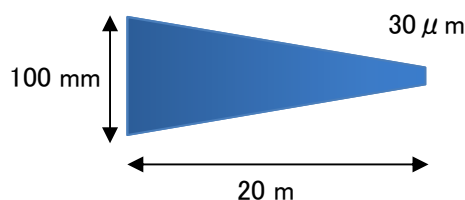
- 微小焦点イメージング
  - 空間分解能の向上, DEI等に比較して屈折効果の方向性がない, 輪郭強調
- タルボ干渉計等による位相イメージング
  - コーンビームX線でかつ1/10程度のバンド幅のX線に対しても機能
- 大きな照射面積、準単色X線、エネルギー可変
- 装置の小型化の可能性

電子ビーム		レーザー	
エネルギー	60 MeV	波長	1064 nm
電荷	0.01 nC	パワー	1.8 uJ/pls
繰り返し	130 MHz	繰り返し	130 MHz
バンチ長	3 ps	パルス長	1 ps
サイズ	30 um	サイズ	30 um
エミッタンス	1 mm-mrad	光蓄積増倍率	3000

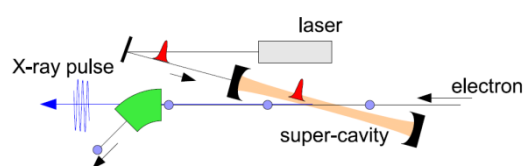
## レーザーコンプトンX線

X線平均フラックス	$2.7 \times 10^{12}$ phs/s · 100% bw
X線パルス長	3ps
コリメーターサイズ	5mrad
エネルギー幅	$\Delta E/E = 10\%$

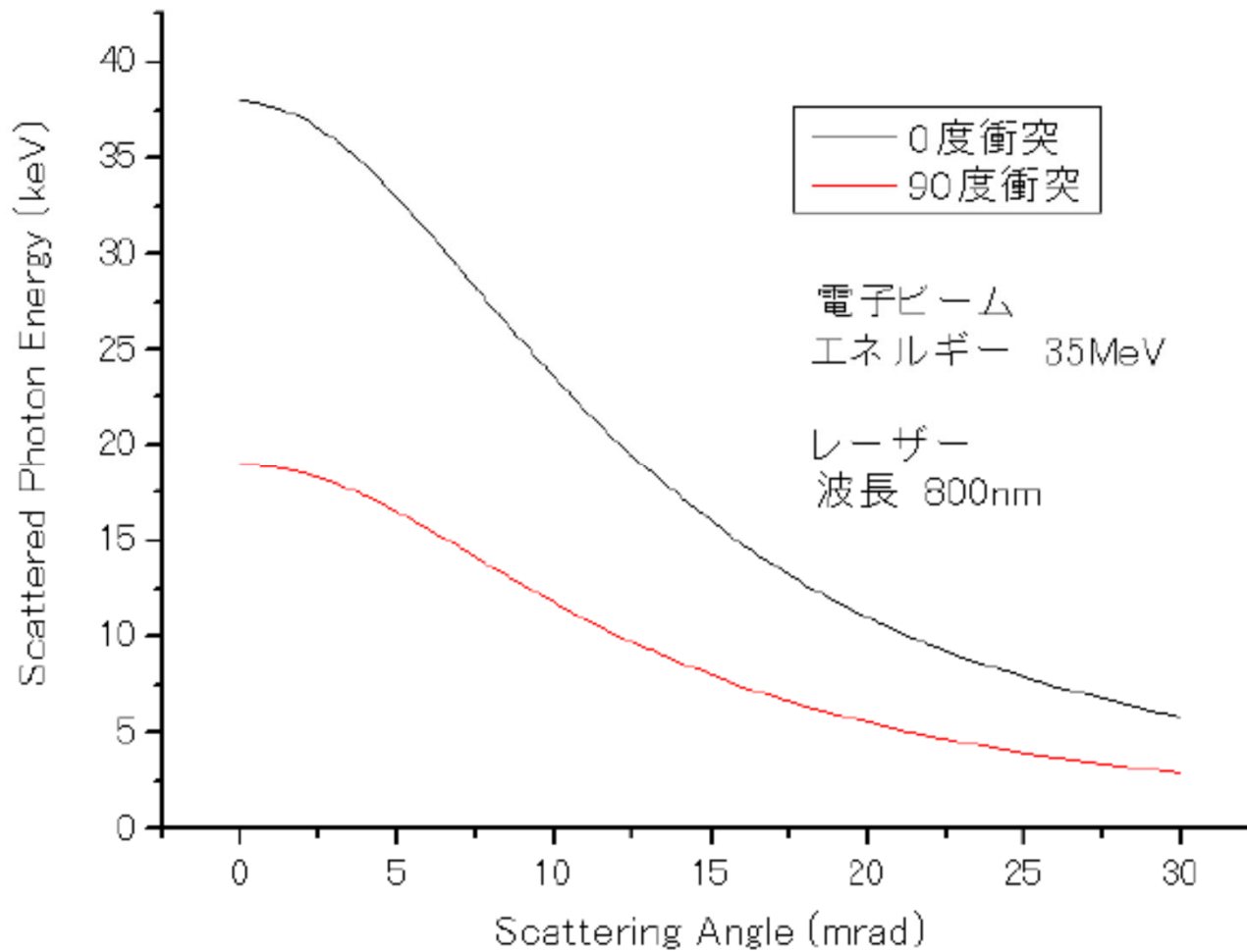
微小光源・準単色X線



キャビティによる光蓄積増幅



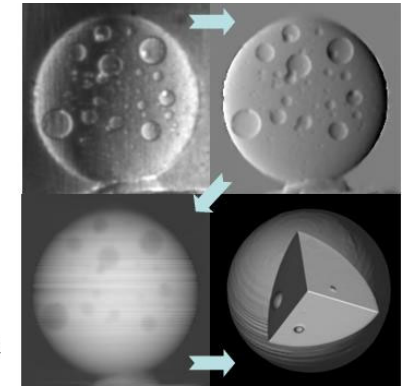
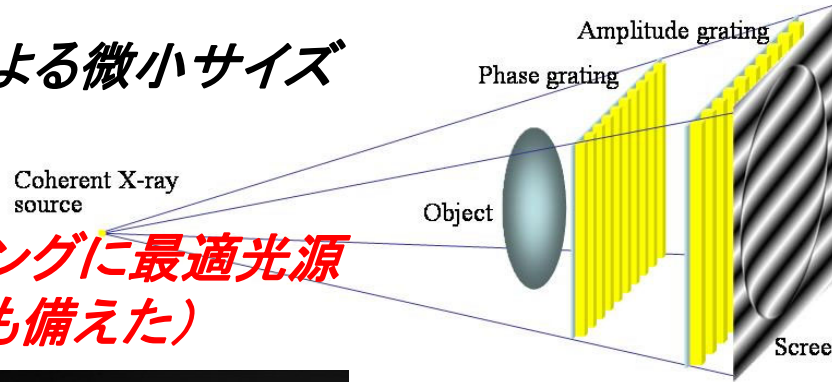
# 運転開始時(35MeV)での レーザー逆コンプトン散乱X線



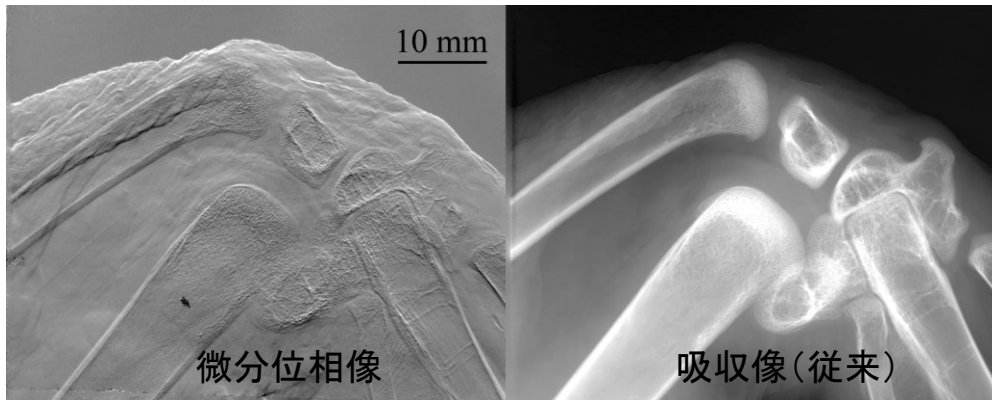
# cERL高輝度光源による高精細X線イメージング

レーザー逆コンプトン散乱による微小サイズ  
(数10ミクロン)のX線源

X線位相コントラストイメージングに最適光源  
(コーンビームによる大視野も備えた)



<http://mml.k.u-tokyo.ac.jp/indexJP.html>



微分位相像

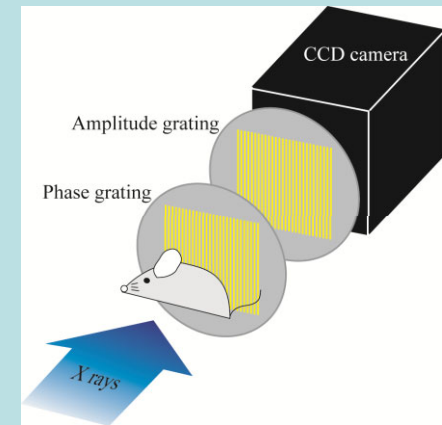
吸収像(従来)

現在放射光を用いて得られているX線Talbot干渉計  
で撮影した鶏手羽(@PF)

軟骨の描出能が認められる。しかし視野、および撮  
影場所(放射光施設)は限られている。

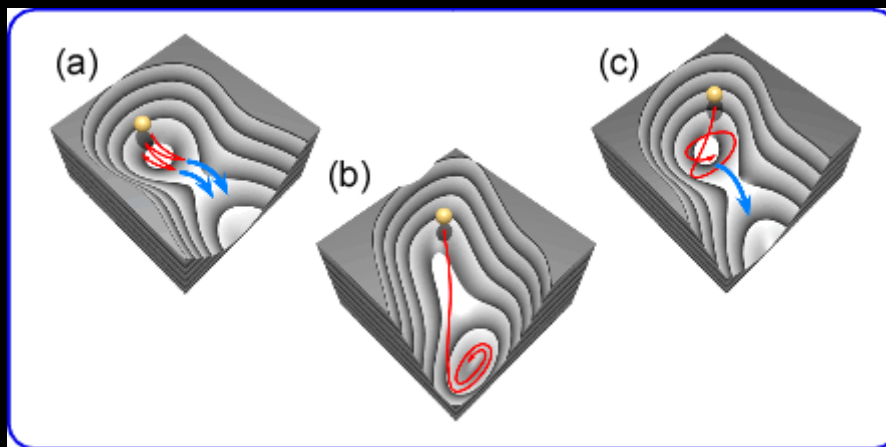
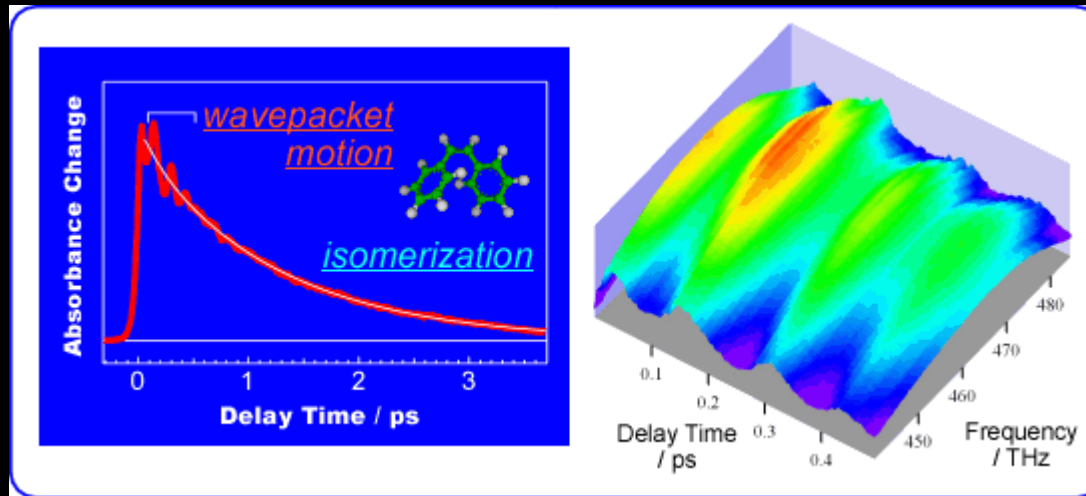
cERLで15cm x 15cmの大視野、かつ高精細X線  
イメージング技術の確立

35MeV cERLで  
小動物の全体撮  
影技術の開発  
(20keVのX線)  
(百生班、盛班)



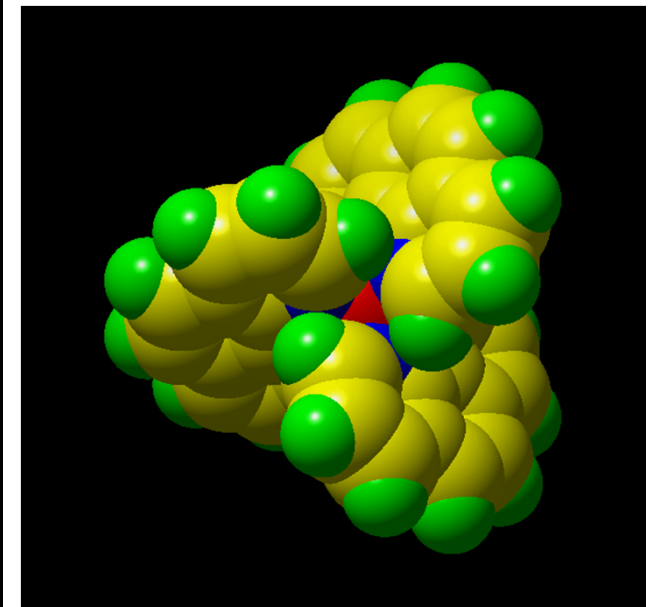
30~60keVの医学応用に展開  
(盛研究班)

# フェムト秒分子イメージング動画測定技術の確立



RIKEN Tahara Lab. HP

<http://www.riken.go.jp/lab-www/spectroscopy/en/coherence.html>



レーザー光が作る一瞬の磁石  
News@KEK 2009.12.17

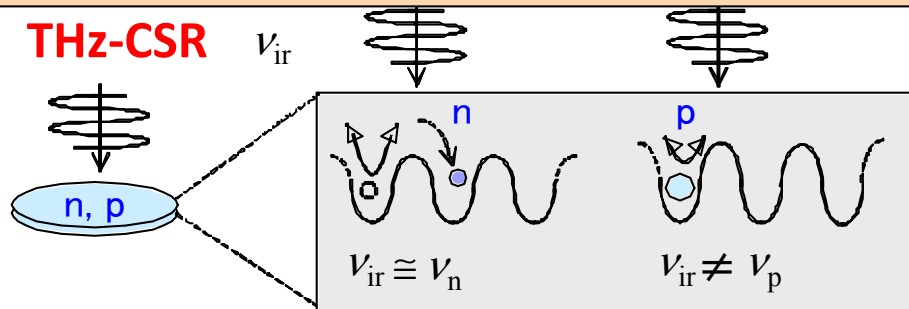
フェムト秒X線により  
分子反応素過程の  
構造変化を直接的に  
観測できる。

分子科学の分野では、超短パルスレーザーを使ってフェムト秒分光が実現している。しかし直接的に分子構造を見ることができない。

# cERLのテラヘルツCSRで行う研究

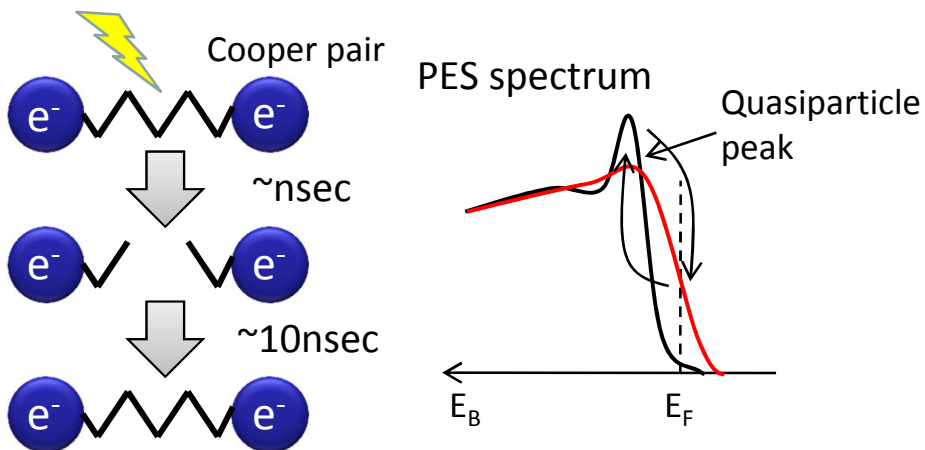
## 励起源としての新しい研究

原子種を選択した拡散現象の実証とその応用  
-高密度CMOSデバイスの実現へ-



## 共鳴テラヘルツ励起による超伝導物質の Cooper pair の崩壊と再結合

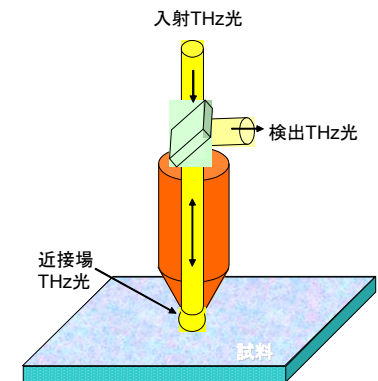
-THz ポンプ -レーザー光電子分光によるプローブ-



## プローブ線源としての研究

THz 近接場顕微鏡

- サブmmから nmサイズの空間分解能
- $\Delta\lambda/\lambda = 10^{-3} \sim 10^{-5}$ .
- 生きたままの細胞の THz イメージング

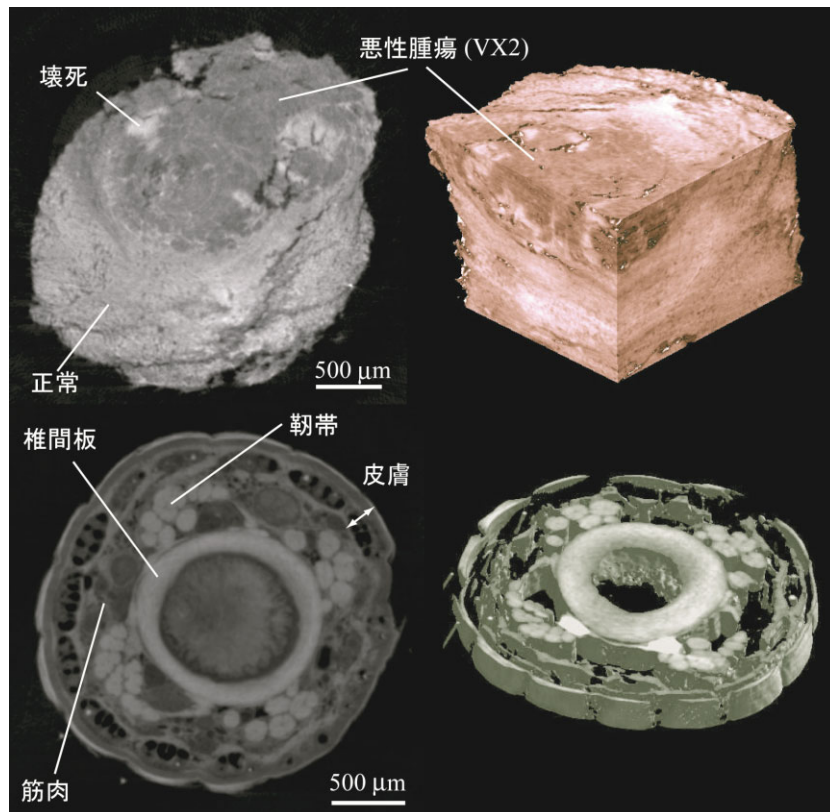


## 大視野のTHz イメージング

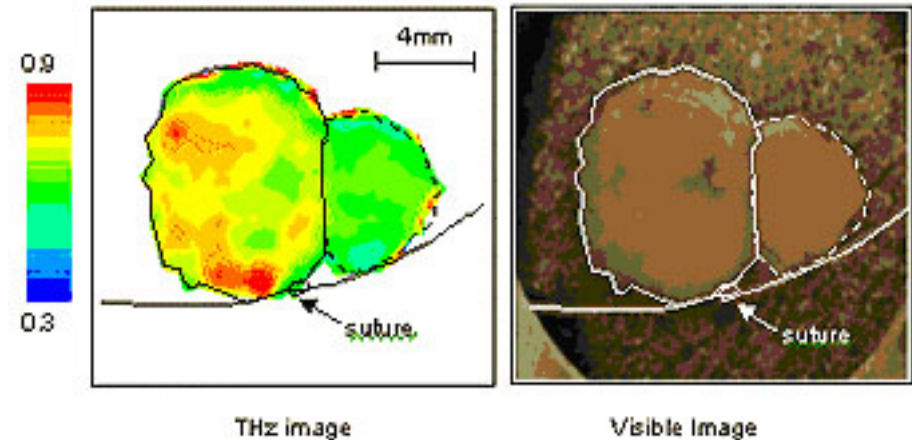
- cm<sup>2</sup> からm<sup>2</sup>: サイズの大視野イメージング: 人体のその場観察.
- 共鳴線を利用した種々のイメージング.



# X線屈折イメージングとTHzイメージング の組み合わせ



X線Talbot干渉計による位相トモグラフィで撮影したウサギ肝臓組織(上段)およびマウス尻尾(関節部)(下段)(@SP8)。  
本線源を用いて生体個体の大視野三次元観察が期待される。



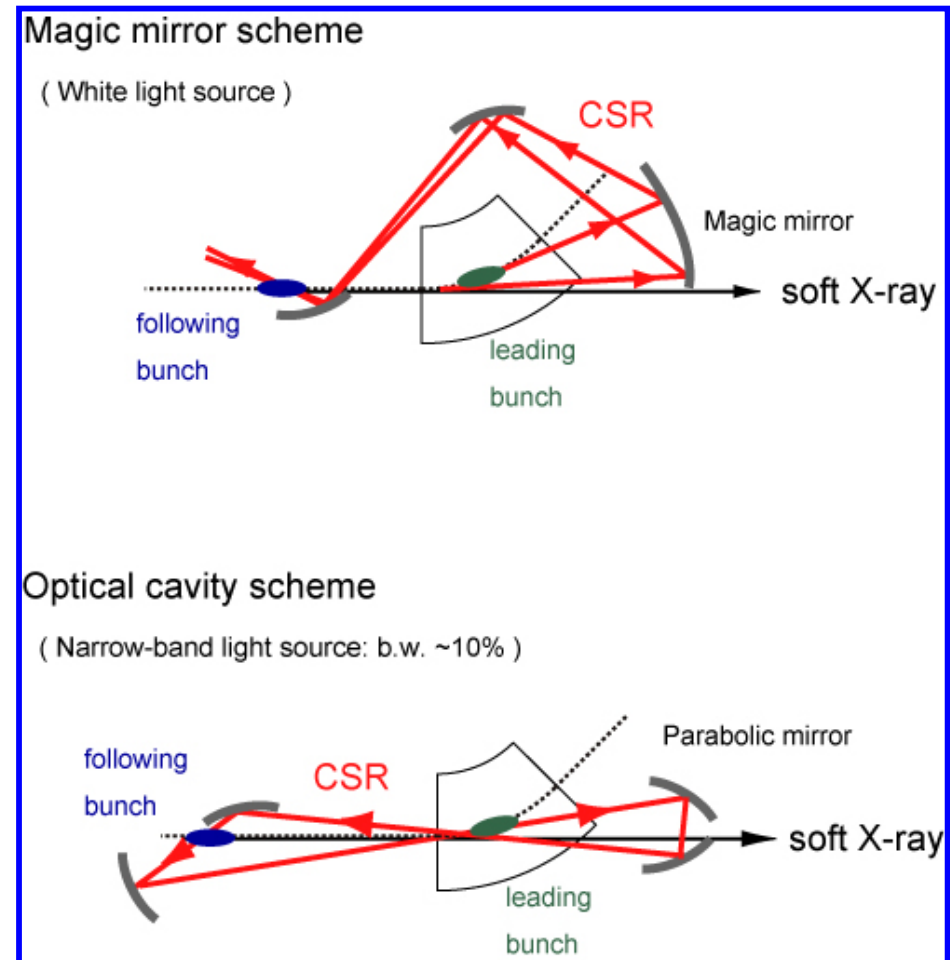
THzイメージングによる皮膚癌の観測例  
<http://www.teraview.com/terahertz/id/33>

**軟部組織の密度情報(X線イメージング)と化学状態情報(THzイメージング)。**  
**ただし、系統的に測定が必要。**



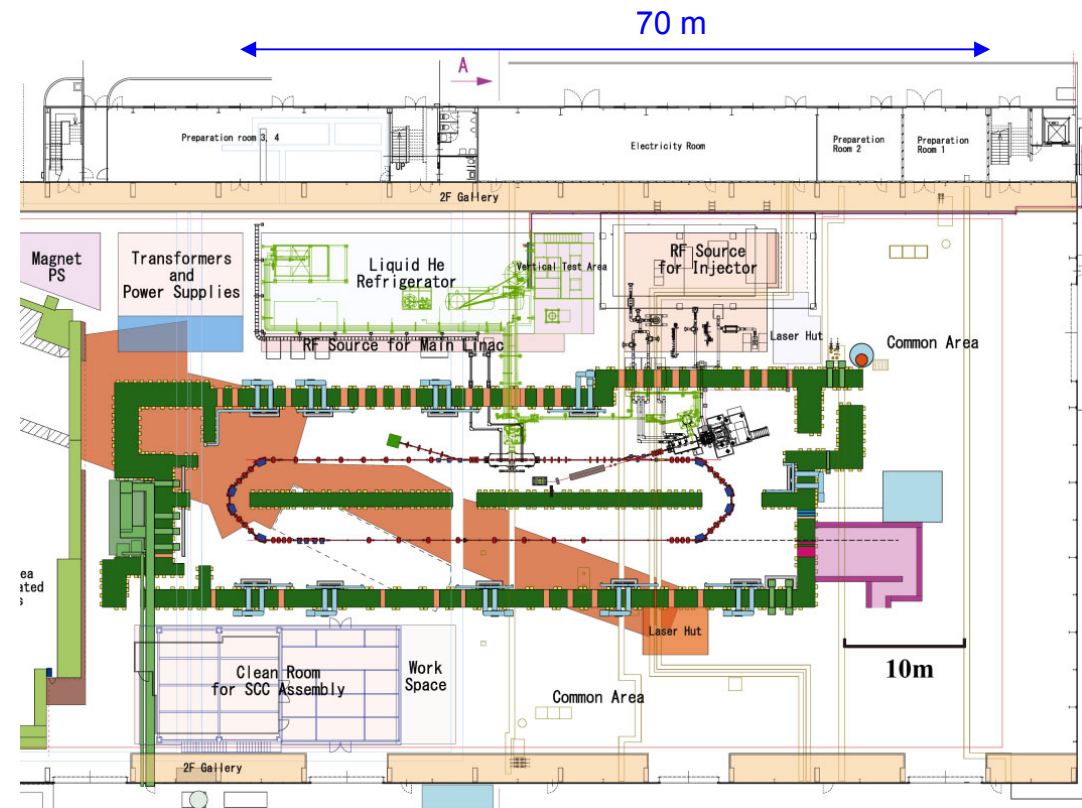
# 新光源に向けた開発項目

- 同期技術(10フェムト秒)
- フィードバックシステム開発
- レーザー蓄積技術
- 軟X線・X線源開発



# Compact ERL (cERL)

- Demonstrating reliable operations of our ERL components (guns, SC-cavities, ...)
- Demonstrating generation and recirculation of ultra-low emittance beams at high currents
- 1<sup>st</sup> target : 1 mm·mrad for 10mA @ 35 MeV

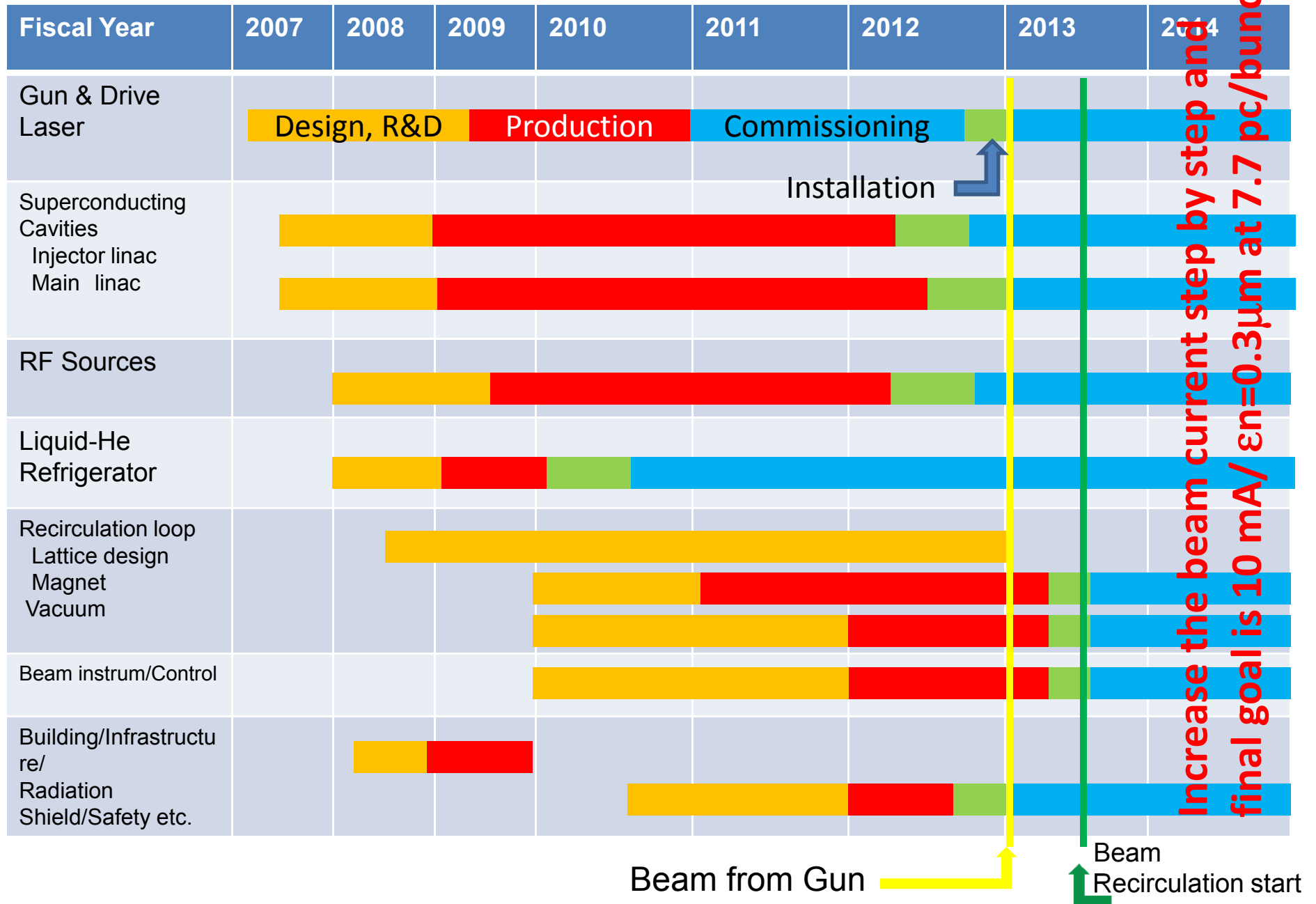


# Radiation Shield for cERL



Construction of the radiation shield is on going and will be completed in the end of this September

# Construction schedule of the Compact ERL





# プログラム(1)

7月30日(月)

## 1. 光源について【13:00-15:00】

13:00-13:20	全体趣旨説明	河田 洋(KEK)
13:20-13:40	cERLの進捗状況	中村 典雄(KEK)
13:40-14:00	レーザー・コンプトン散乱	羽島 良一(JAEA)
14:00-14:20	THz-ICSによる軟X線発生	島田 美帆(KEK)
14:20-14:40	極短周期アンジュレータのERLへの応用	山本 樹(KEK)
14:40-15:00	利用研究ビームライン概要	野澤 俊介(KEK)

— 休憩・写真撮影 —【15:00-15:30】

## 2. フェムト秒時間分解、レーザー・電子ビーム相互作用 【15:30-】

15:30-15:50	X線回折・散乱を用いたダイナミクス研究	一柳 光平(東大新領域)
15:50-16:10	コヒーレントフォノンダイナミクス	中村 一隆(東工大応セラ研)
16:10-16:30	DXAFSを用いたfsダイナミクス研究	阿部 仁(KEK)
16:30-16:50	強レーザー場中の分子挙動の cERL による研究	足立 純一(KEK)
16:50-17:10	円偏光レーザーコンプトン散乱ガンマ線による動的スピン磁気計測	坂井 信彦(兵庫県大)
17:10-17:30	EEHGによるアト秒パルス放射光	大見 和史(KEK)
17:30-18:00	cERL見学 ERL開発棟	

—懇親会(小林ホール ラウンジ)—【18:00-20:00】

# プログラム(2)

7月31日(火)

## 3. THz光【09:00-11:15】

09:00-09:20	THz光を用いた分光研究とcERLへの期待	木村 真一(分子研)
09:20-09:45	高強度テラヘルツパルスで誘起する非線形光学現象	廣理 英基(京大)
09:45-10:05	大強度THz光源の現状と応用展開	谷 正彦(福井大)
10:05-10:25	超伝導テラヘルツ波検出器の開発と応用	大谷 知行(理研)
10:25-10:45	理科大FELの利用実験と大強度THz光源への期待	築山 光一(東理大)
10:45-11:00	赤外領域における近接場分光実験	岡村 英一(神戸大)
11:00-11:15	THz光によるprotein folding研究	木原 裕(立命館大)

— 休憩 —【11:15-11:35】

## 4. X線イメージング【11:35-14:15】

11:35-11:45	cERLでのX線イメージングについて	兵藤 一行(KEK)
11:45-12:05	SOI Pixel検出器によるX線イメージング	新井 康夫(KEK)
12:05-12:30	射光の臨床応用の可能性について	鶴嶋 英夫(筑波大学)

— 昼食 —【12:30-13:30】

13:30-13:50	レーザーコンプトンX線へのタルボ干渉計の応用	百生 敦(東北大学)
13:50-14:15	次世代光源を用いた糖尿病性微小循環障害の 開発	低侵襲・早期診断法の 盛 英三(東海大学)

## 5. まとめ【14:15-14:35】

14:15-14:35	まとめ・今後に向けて	河田洋(KEK)
-------------	------------	----------



# まとめ

- cERLは加速器の実証器と言う位置付けだけではなく、テラヘルツ領域(meV)からX線領域(keV)に至る幅広いエネルギー領域に跨る新しい量子ビーム科学のプラットフォーム
- レーザー逆コンプトン散乱X線、コヒーレントテラヘルツ光、フェムト秒短パルスX線としての光源特性を、単一の加速器を用いて実現
- X線位相イメージング、医療用X線イメージング、テラヘルツ分光、テラヘルツイメージング、フェムト秒X線超高速ダイナミクス研究などを複合的に組み合わせた、新しい学術研究

**ぜひ、活発な議論をお願いします。**