

# cERLによるX線イメージング

高エネルギー加速器研究機構  
物質構造科学研究所、放射光科学研究施設  
兵藤 一行

# cERLによるイメージング

cERLの光源特性:高輝度・フェムト秒短パルス

- X線イメージング (医学応用、産業利用など)
- 高強度テラヘルツ光イメージング
- フェムト秒X線時間分解イメージング

## マルチモダリティ・イメージング法の開発

X線イメージング：試料内部構造の高精度観察（形態）

テラヘルツ光イメージング：特定の分子種分布の観察（化学状態）

骨格など生体組織の成長過程の観測

高分子材料の構造形成過程の観測



# 医学応用の立場から

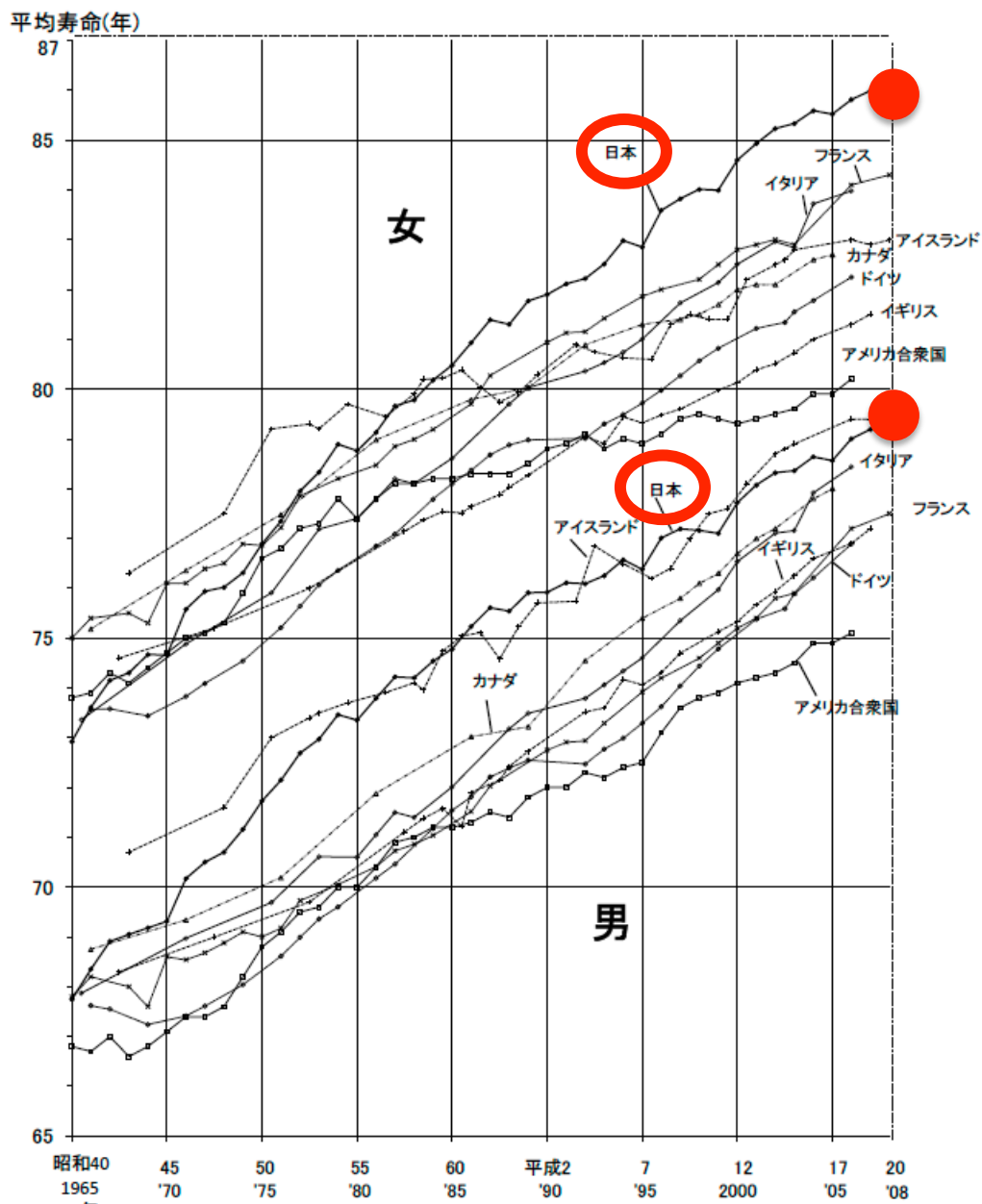
—大型放射光施設の社会的役割—

—cERLによるX線イメージングの社会的役割—

トランスレーション・メディシン

1. 先駆的、先進的**診療法の提唱**  
診断：単色X線の利用  
吸収コントラスト、位相コントラストの利用  
治療：MRT (Microbeam Radiation Therapy)や  
PAT (Photon Activation Therapy)など
2. 基礎医学、臨床医学に関する新しい**知見の獲得**
3. 得られた知見の**臨床応用による実証**
4. 得られた知見の**産業分野への応用** > 小型装置
5. 各種**教育**への貢献  
医学物理士、診療放射線技師、生涯教育

図3 主な諸外国の平均寿命の年次推移



資料：UN「Demographic Yearbook」等  
注：1990年以前のドイツは、旧西ドイツの数値である。

# 社会的背景

## 高齢化社会対策

キーワード  
生活の質の向上

悪性腫瘍  
発生機序や進行過程の解明  
各種治療に関する評価

血管系、リンパ管系  
骨格系  
機序の解明  
疾患の機序の解明  
各種治療に関する評価

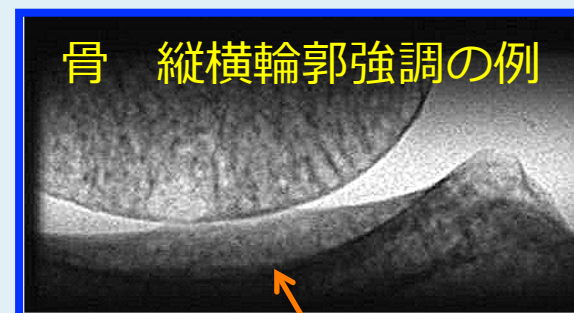
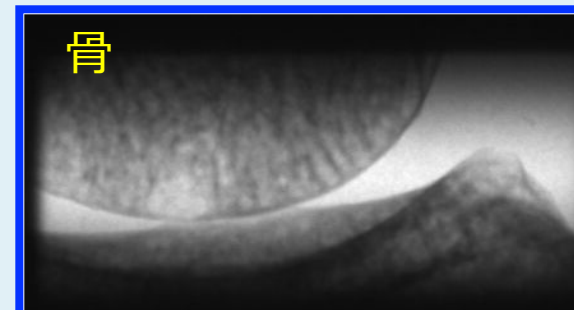
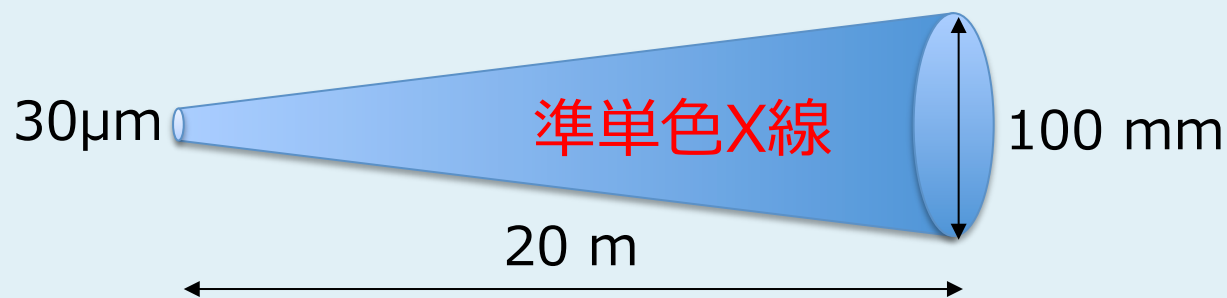
# cERLによるX線イメージングの特性



発光点の大きさ：30 $\mu$ m

光子密度： $1.3 \times 10^{16}$  photons/mm<sup>2</sup>/sec

照射面積：直径100 mm 程度



大きな照射面積、**準単色X線**、エネルギー可変

- **微小焦点**イメージング

空間分解能の向上

輪郭強調、DEI等に比較して屈折効果の方向性がない

- タルボ干渉計等による位相イメージング

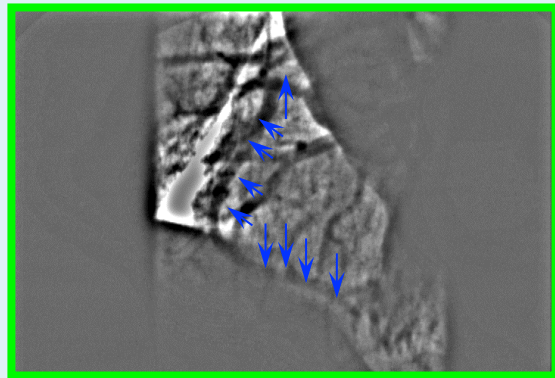
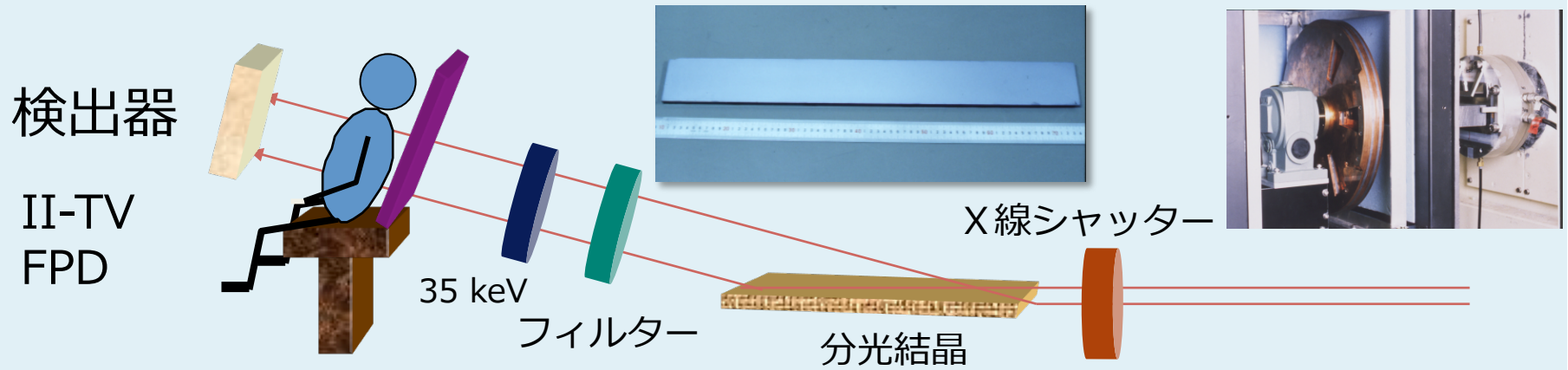
- 放射光研究、放射光臨床応用における知見の応用

- 装置の小型化の可能性



ファントムによる画像シミュレーション

# 臨床用放射光二次元動画画像診断システム



撮影結果の一例（筑波大学提供）  
右冠動脈が明瞭に識別できる

臨床インターロック  
臨床ハッチ



造影室の内部

臨床応用時の条件

照射時間	3.2-4.2 msec/image
撮影速度	6-10 images/sec

## 知見の応用 (血管造影)

- 造影剤のK吸収端上側のエネルギーのX線のみを利用
- X線エネルギー幅の有効利用
- 単色X線の人体透過の状況
- 単色X線での二次元検出器の利用
- 臨床に関する準備



## 臨床応用

$5.0 \times 10^{10}$  photons/mm<sup>2</sup>/sec (at 33 keV)  
直径 1 mm、造影剤濃度 1 %

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| 1. 体厚: 200 mm         | $5.0 \times 10^7$ photons/mm <sup>2</sup> /sec |
| 2. 空間分解能: 200 $\mu$ m | $2.0 \times 10^6$ photons/pixel/sec            |
| 3. 照射時間: 6 msec       | $1.2 \times 10^4$ photons/pixel/exp.           |
- 統計的 S/N  $\approx$  100      EGS4シミュレーション

## 動物実験

$1.0 \times 10^9$  photons/mm<sup>2</sup>/sec (at 33 keV)  
直径 50-100  $\mu$ m、造影剤濃度 30 %

- |                      |  |
|----------------------|--|
| 1. 体厚: 20 mm         | $5.0 \times 10^8$ photons/mm <sup>2</sup> /sec |
| 2. 空間分解能: 20 $\mu$ m | $2.0 \times 10^5$ photons/pixel/sec            |
| 3. 照射時間: 30 msec     | $6.0 \times 10^3$ photons/pixel/exp.           |

# cERLによるX線イメージング

光源	装置の大きさ	実効焦点の大きさ	エネルギー分解能	時間分解能	照射面積	時間軸応用を想定
cERL利用	△	○	○	○	○	○
放射光	×	◎	◎	○	△	○
小型専用放射光	△	○	◎	○	△	△
微小焦点X線発生装置	○	○	×	×	○	△
X線発生装置	○	△	×	○	○	○
準単色X線発生装置	○	△	○	△	○	△

放射光の知見 > cERLの利用 > 医学応用、臨床応用



## 午前

新井先生：新しいX線検出器 SOI

鶴嶋先生：医学応用、脳外科  
診断、治療、DDS

## 午後

百生先生：X線光学  
ターボ干渉計など

盛 先生：医学応用、循環器内科  
微小血管造影