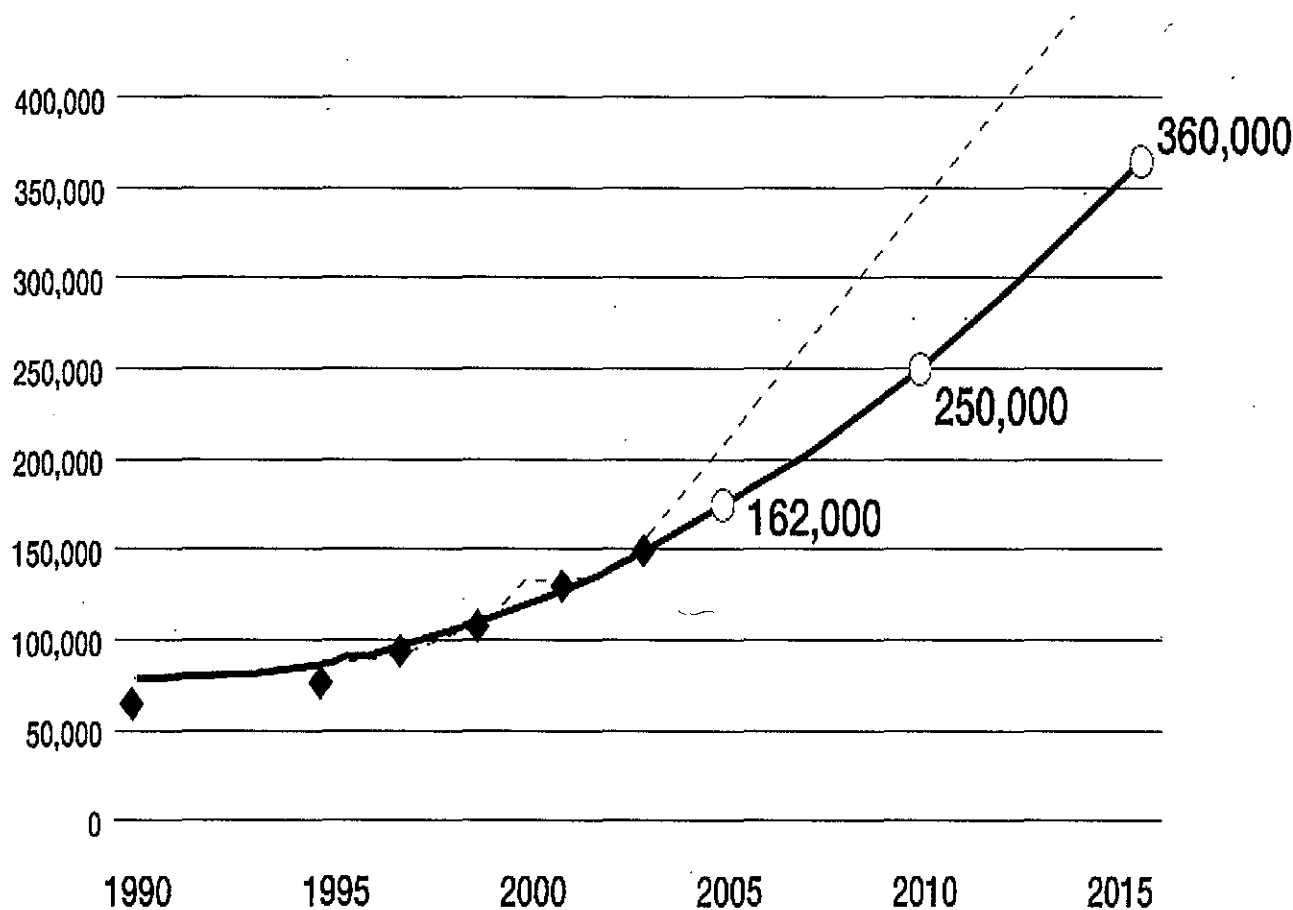




放射線治療の研究について

京都大学医学研究科
放射線腫瘍学・画像応用治療学
平岡 真寛

放射線治療を受ける患者数は急増



◆：日本放射線腫瘍学会構造調査
○：厚生労働省がん研究助成金(14-6)

日本の状況

2005年で25%、2015年には40%のがん患者が放射線治療を受けると推定

欧米の現状

がん患者の66%(米国)、60%(ドイツ)が放射線治療を受けている

背景

- 高齢化社会の急速な到来
- 切らずに治す放射線治療への期待
- IT・画像技術等による放射線治療の高度化

放射線治療の目指すもの

- がんに対する選択的損傷
 - 生物学的アプローチ
 - 同じ線量が当たってもがんだけが損傷される
 - 物理工学的アプローチ
 - がん放射線を集中させる
- 放射線治療の効果・有害事象予測
 - Radiogenomics など

生物学的アプローチ

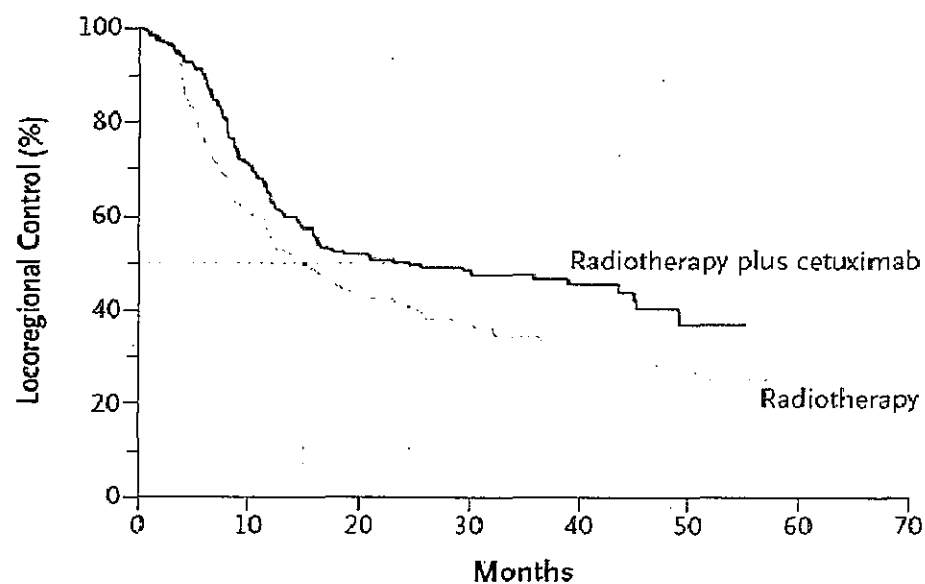
- 分子標的薬剤との併用
- 環境標的治療の開発(特に低酸素)
- 重粒子線治療

局所進行頭頸部扁平上皮癌

RT + C225 vs RT alone

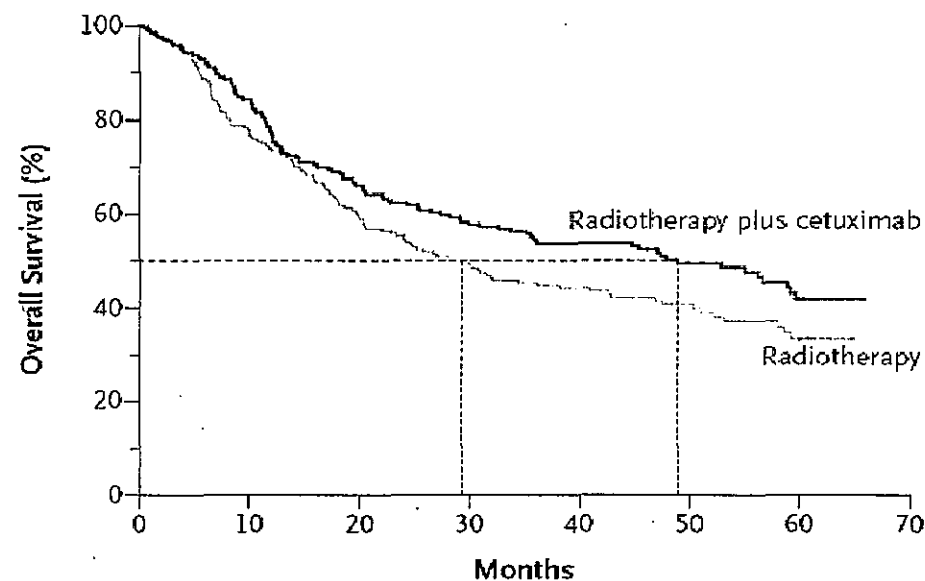
局所制御率

全生存率



| No. at Risk | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
|-----------------------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|
| Radiotherapy | 213 | 122 | 80 | 51 | 30 | 10 | | |
| Radiotherapy plus cetuximab | 211 | 143 | 101 | 66 | 35 | 9 | | |

HR 0.68; p=0.005
中央値 24.4 vs 14.9 ヶ月



| No. at Risk | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|
| Radiotherapy | 213 | 162 | 122 | 97 | 73 | 47 | 22 | |
| Radiotherapy plus cetuximab | 211 | 177 | 136 | 116 | 98 | 61 | 24 | |

HR 0.74; p=0.03
中央値 49.0 vs 29.3 ヶ月

Bonner JA, N Engl J Med 2006

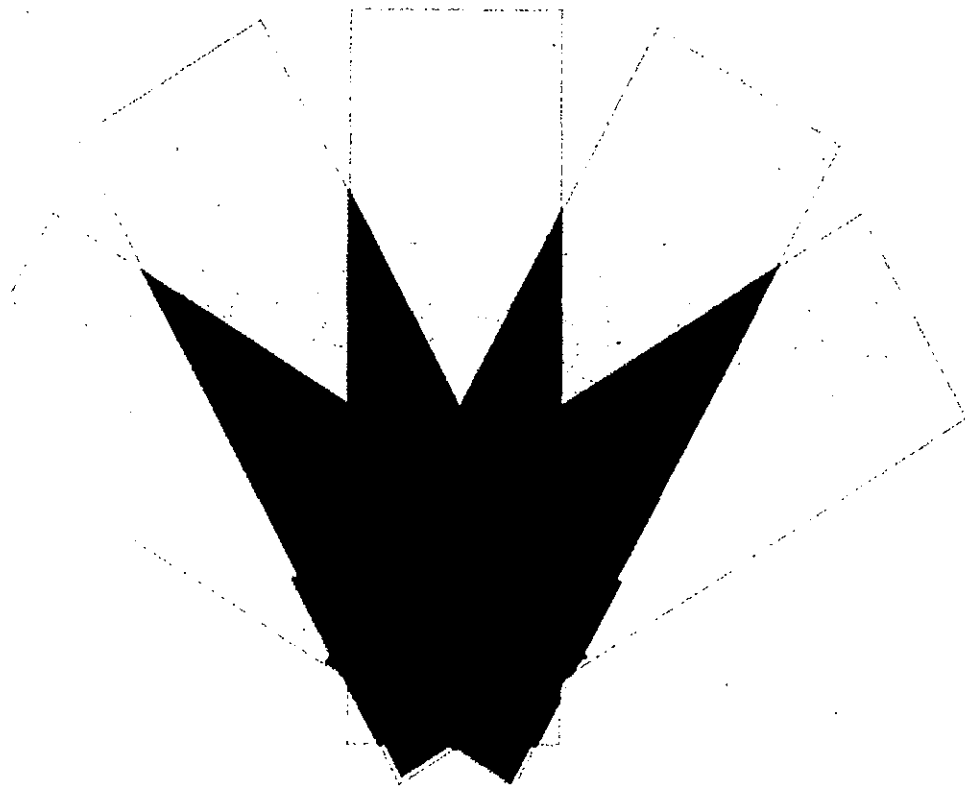
物理工学的アプローチ

- 定位放射線治療
- 強度変調放射線治療 (IMRT)
- 四次元放射線治療
- 粒子線治療
 - 陽子線治療・重粒子線治療
 - 中性子捕捉療法

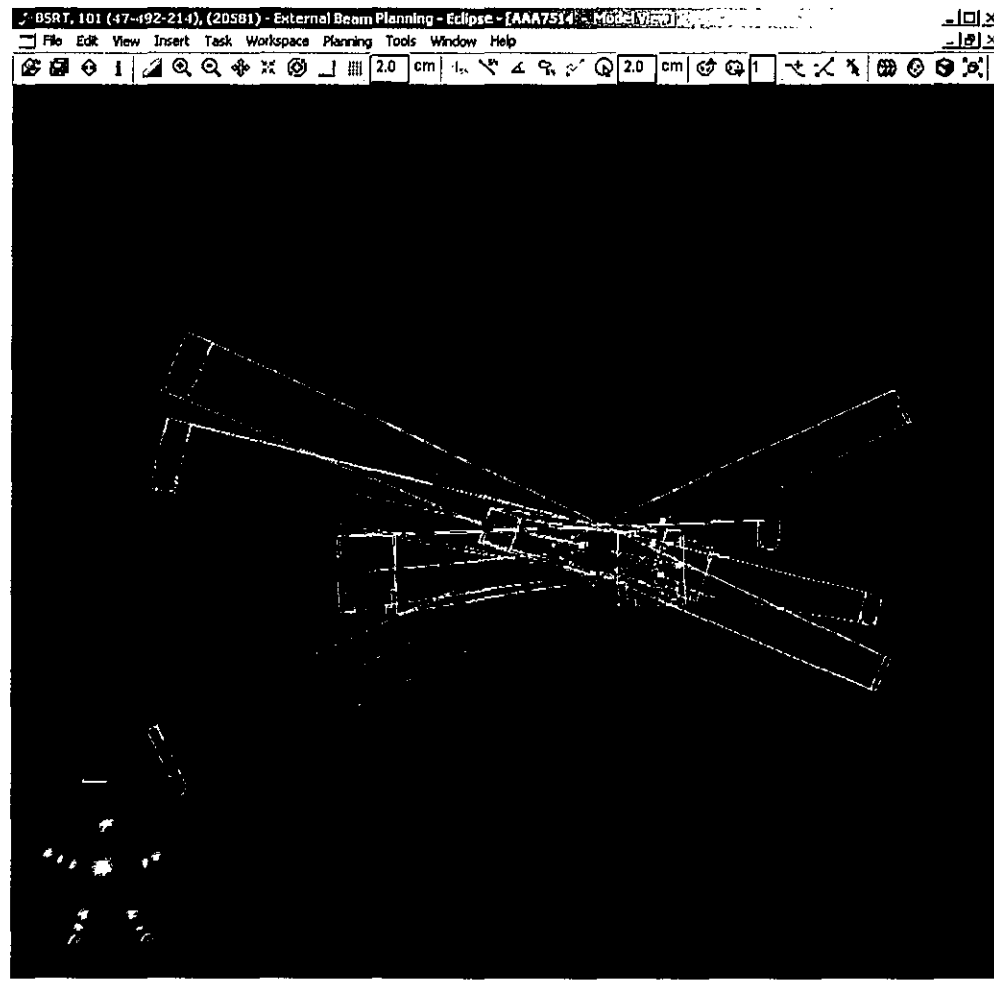
定位放射線治療と強度変調放射線治療

定位放射線治療

強度変調放射線治療



肺がんの定位放射線治療



- **線量分割法**

- 高い1回線量、少ない分割回数：

- $12\text{Gy} \times 4 \text{回} = 48 \text{Gy}$

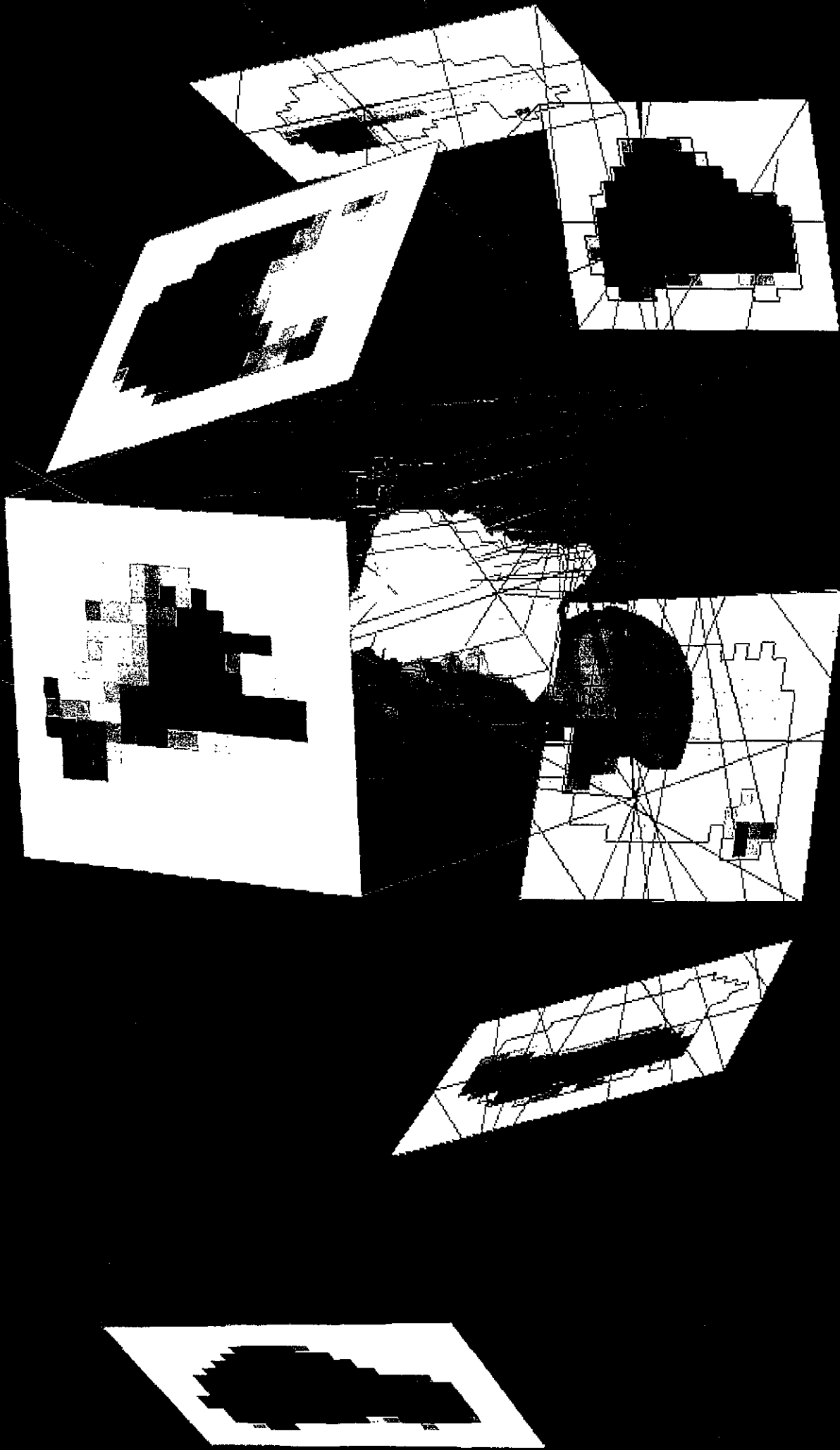
- $2\text{Gy} \times 30 \text{回} = 60 \text{Gy}$

- **固定精度**

- 高線量域を腫瘍に局限させるために高い固定精度が必要（5mm以内）

強度変調放射線治療 (IMRT)

Intensity Modulated Radiotherapy



Dose Painting



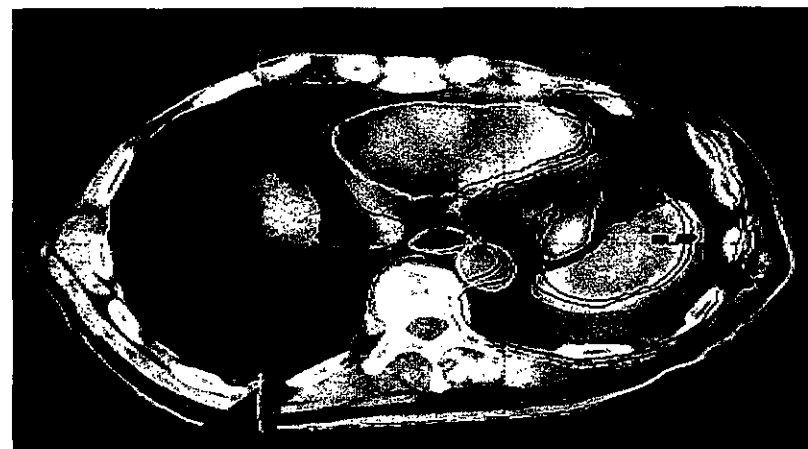
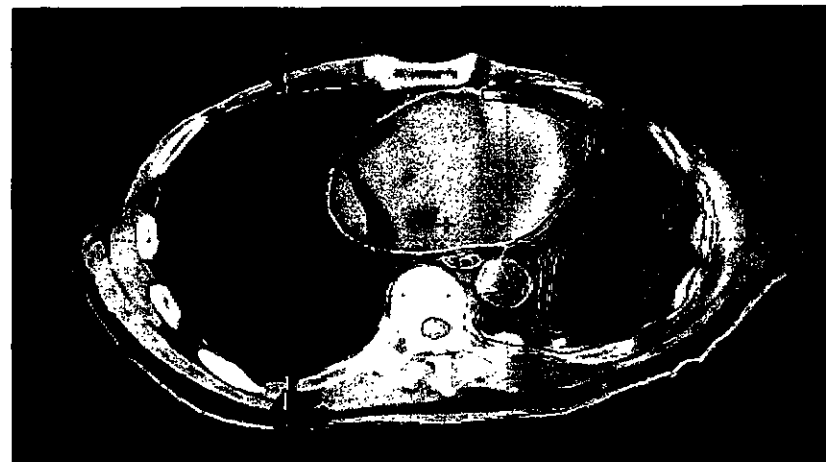
前立腺 + 精囊
78Gy/ 2Gy/fr./39fr

骨盤内リンパ節転移
66.3Gy/1.7Gy/fr./39fr

骨盤内リンパ節(予防)
58.5Gy/1.5Gy/fr./39fr

腸管
線量は著明に減少

悪性中皮腫のIMRT





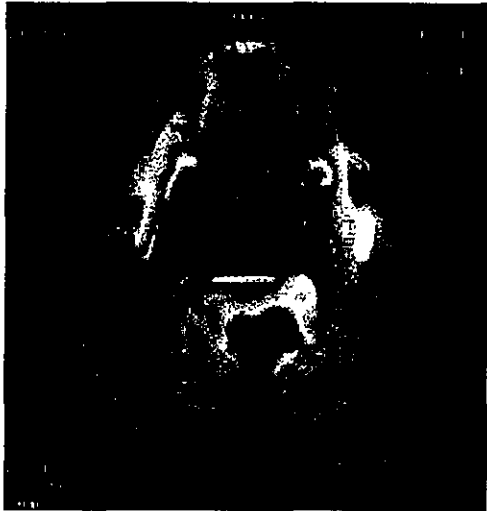
高精度放射線治療の登場によって

至適下治療から至適治療へ

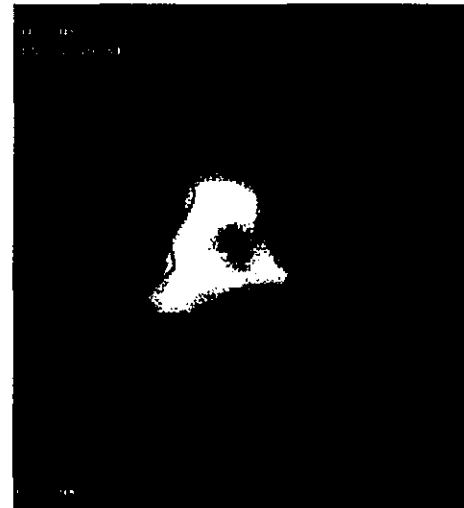
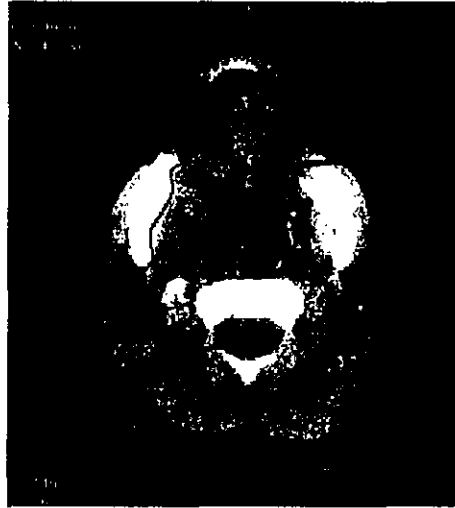
放射線治療のこれから

- 機器の次世代化
- 診断と治療の統合
- 動きへの対応(三次元から四次元へ)
- 臨床評価
- 適正配置・ネットワーク

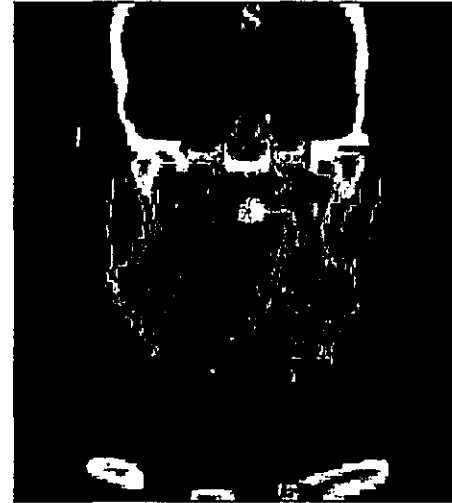
Cu-ATSM-Guided IMRT



Color-washed image
of ^{60}Cu -ATSM PET-scan

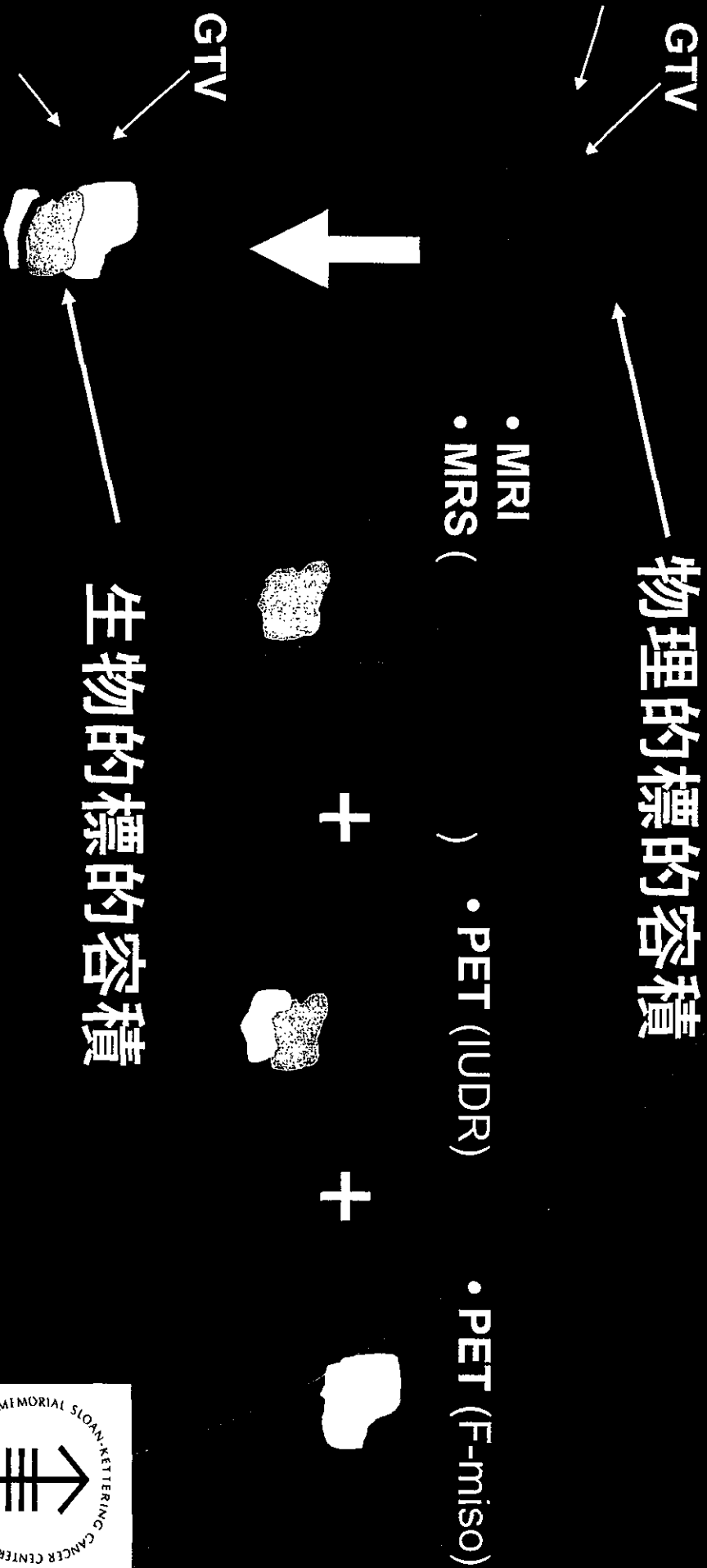


CT – PET fusion

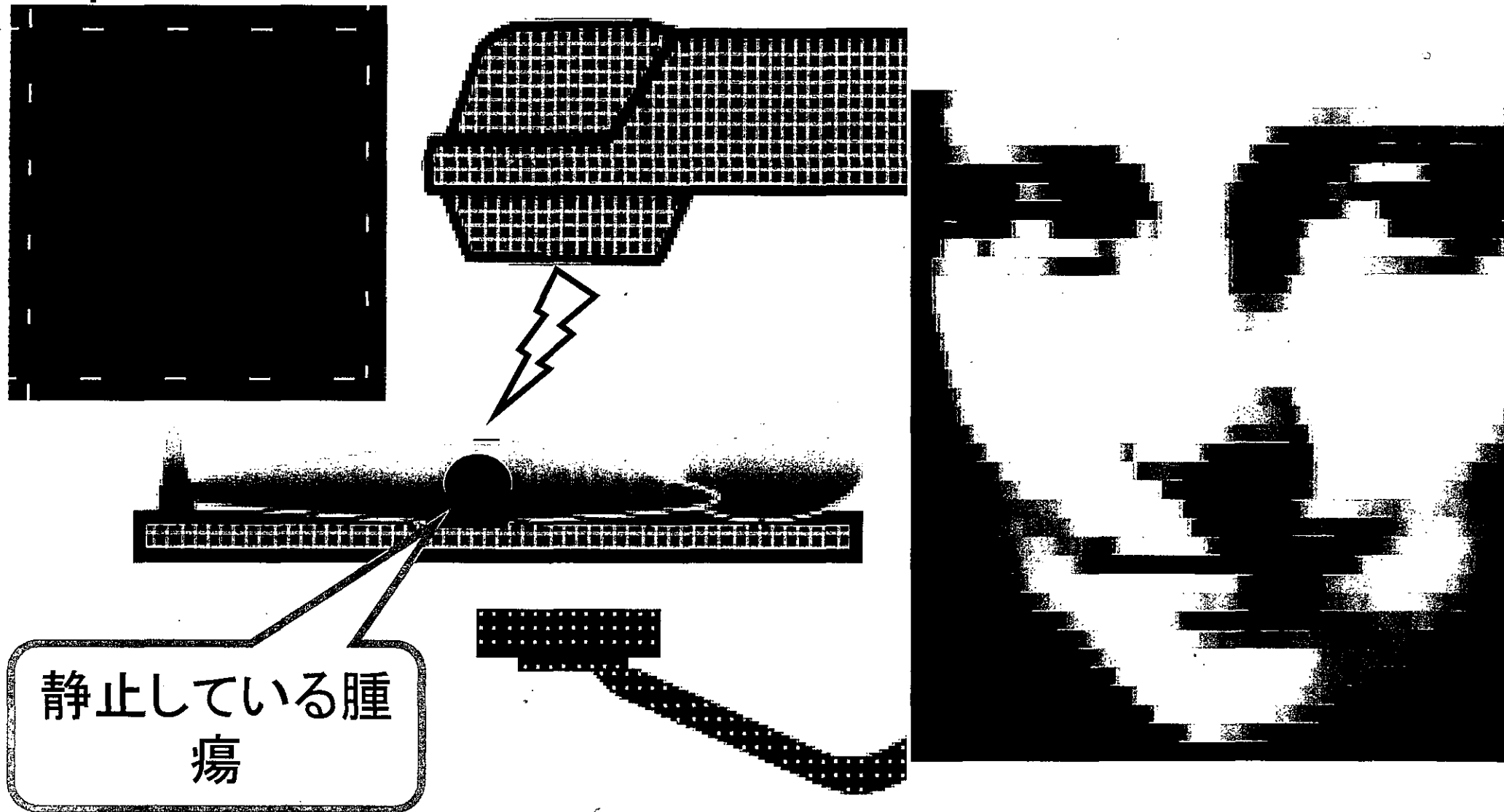


IMRT treatment planning

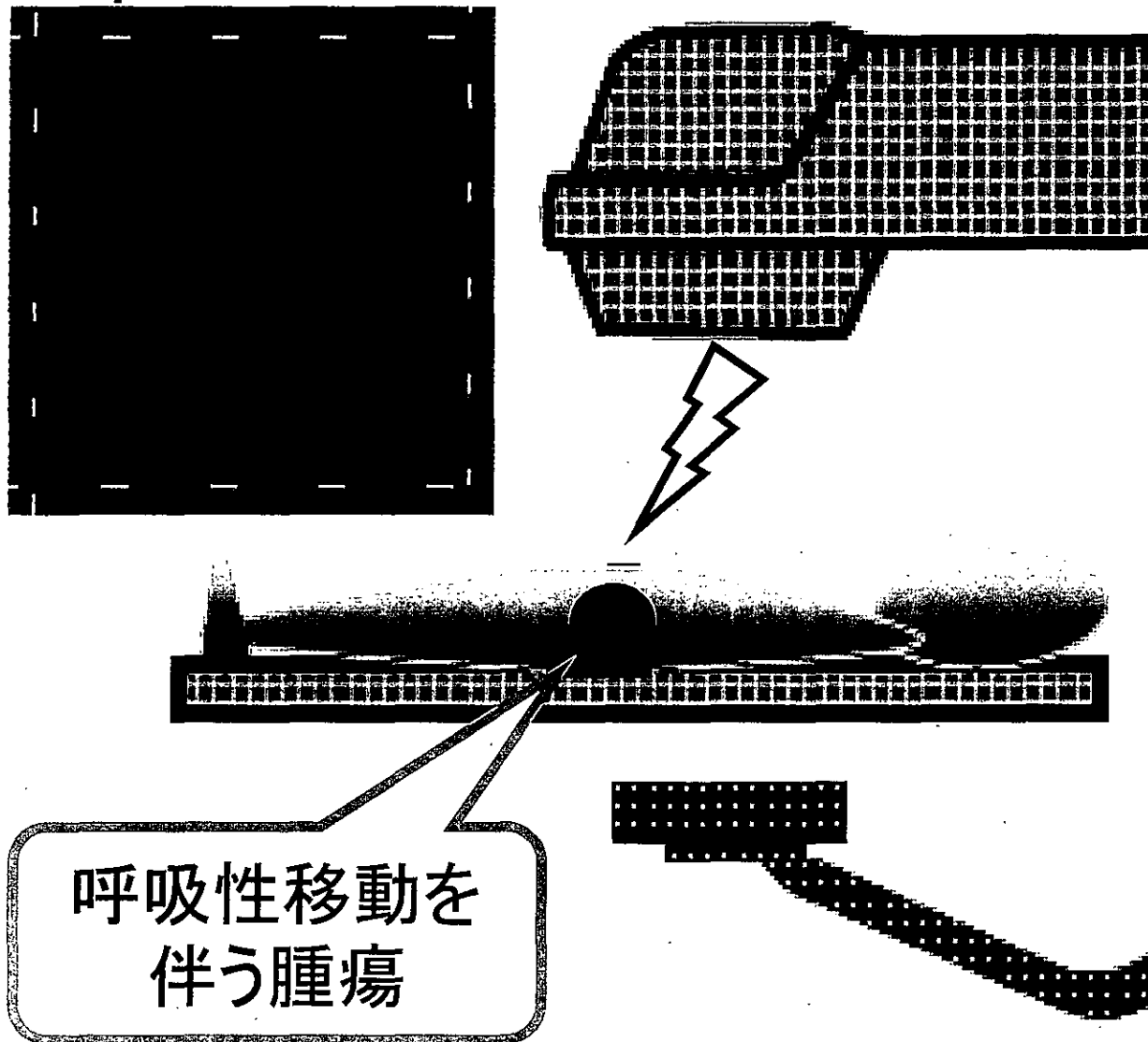
放射線治療の個別化医療



強度変調放射線治療 (IMRT)



強度変調放射線治療

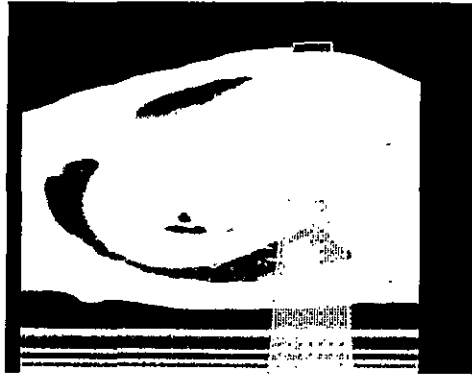


追尾照射技術の有用性

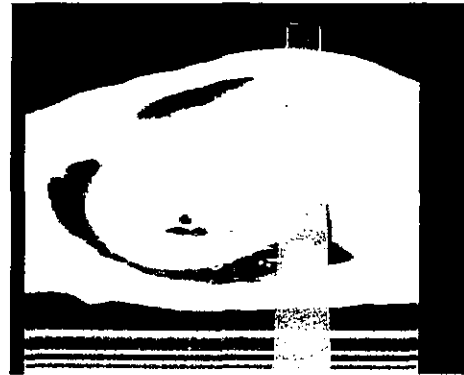
ITV法

呼吸同期照射法

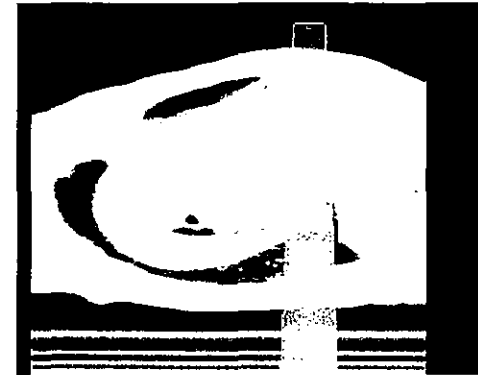
追尾照射法



- 全動体範囲照射
- 周囲の被ばくが多い



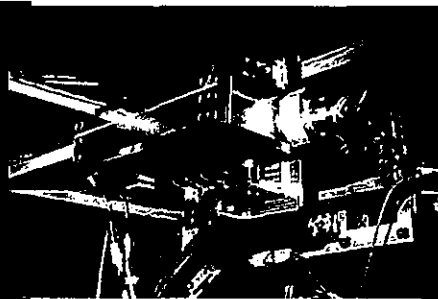
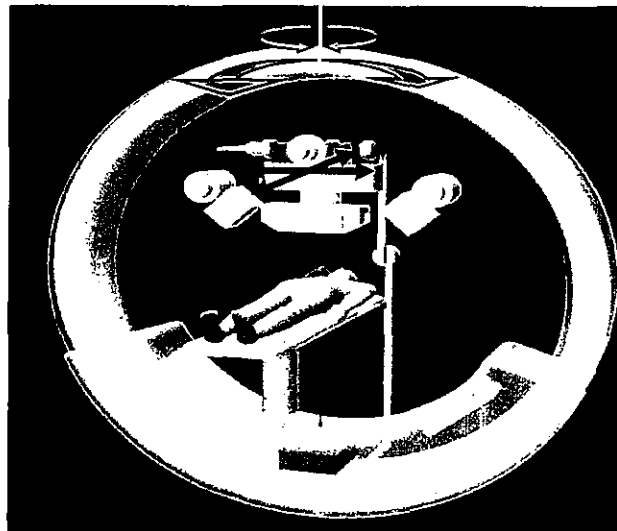
- 体外情報による同期照射
- 治療時間が3~5倍



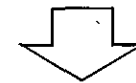
- 最小照射野による被ばく低減
- 時間的ロスがない

固定ヘッドの従来型ライナックの限界

可変ヘッドによる追尾機能



ジンバル機構による可変ヘッド



追尾定位・強度変調照射治療

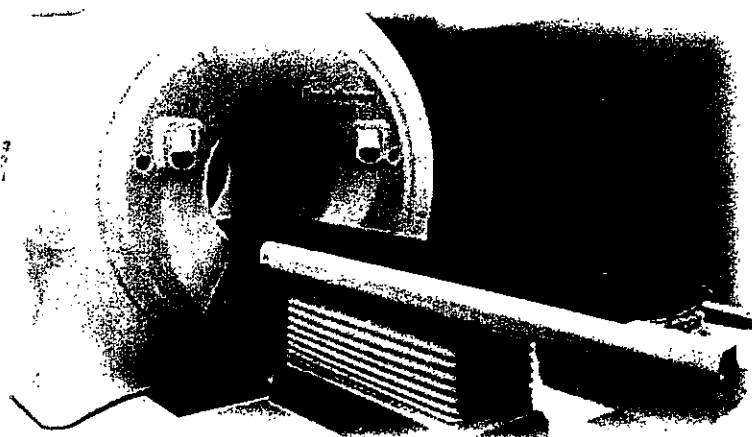
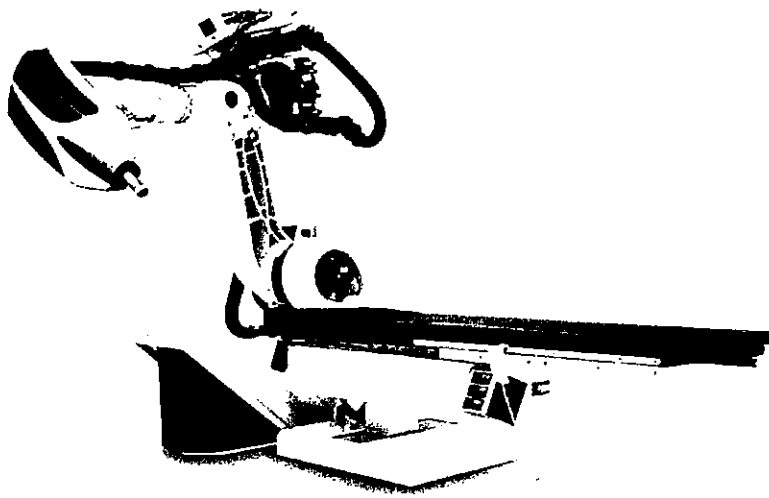
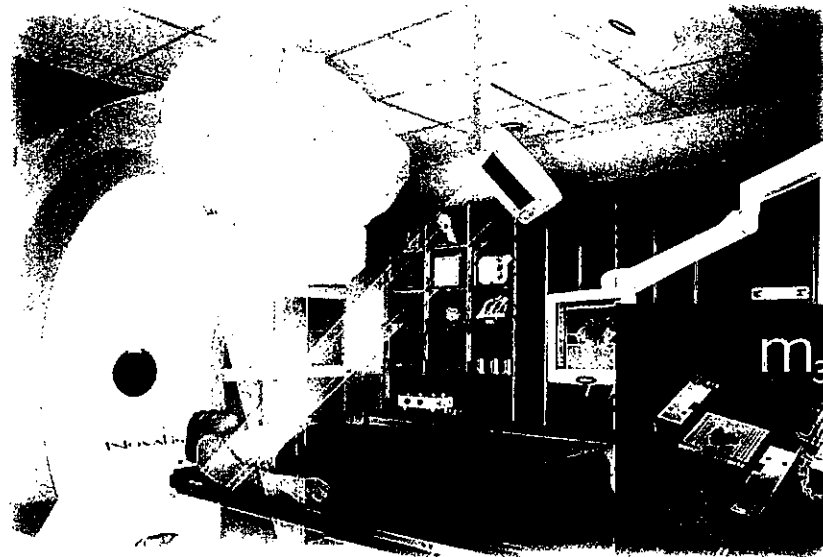
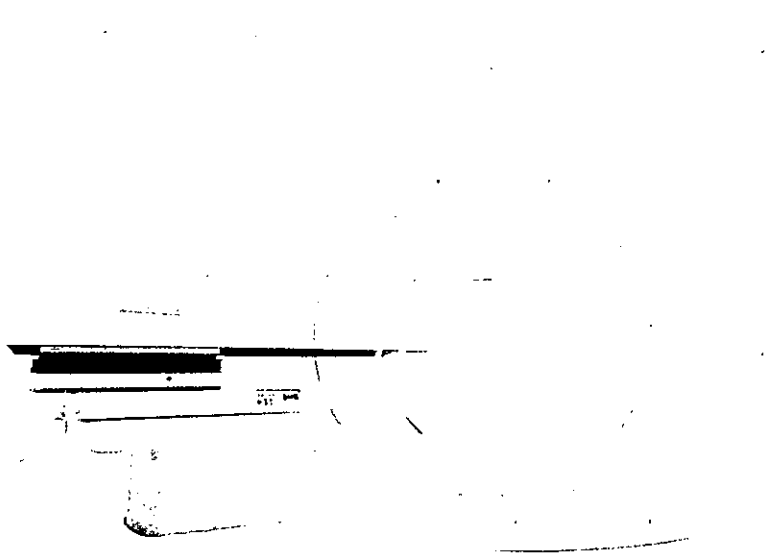


難治癌(肺癌・肝がん・膵癌)の克服

2007/9 FDA Approval
2008/1 薬事承認

次世代化により実現

高精度放射線治療裝置



年間外照射人数別(JASTRO構造調査分類による)病院数

都道府県拠点病院 (N=51)

地域拠点病院 (N=320*)

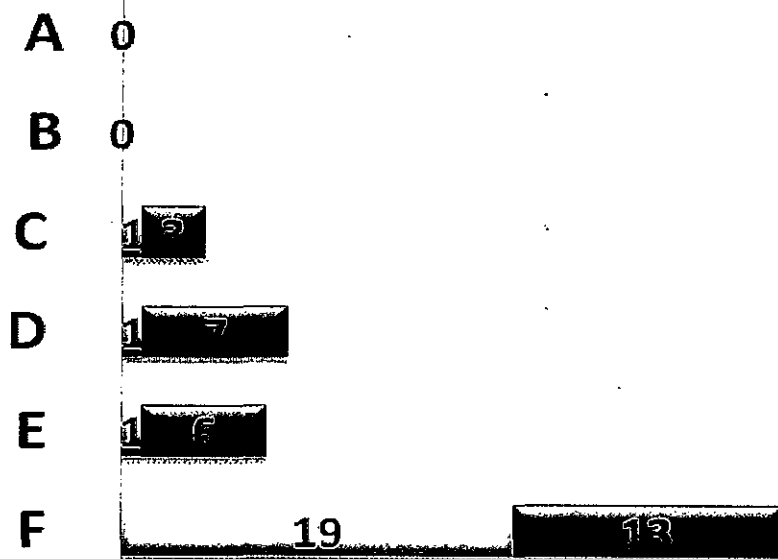
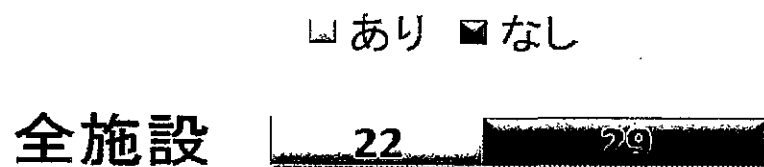
| | |
|-------------|----|
| A (1-99) | 0 |
| B (100-199) | 0 |
| C (200-299) | 4 |
| D (300-399) | 8 |
| E (400-499) | 7 |
| F (500-) | 32 |

| | |
|-------------|----|
| A (1-99) | 33 |
| B (100-199) | 82 |
| C (200-299) | 69 |
| D (300-399) | 50 |
| E (400-499) | 28 |
| F (500-) | 58 |

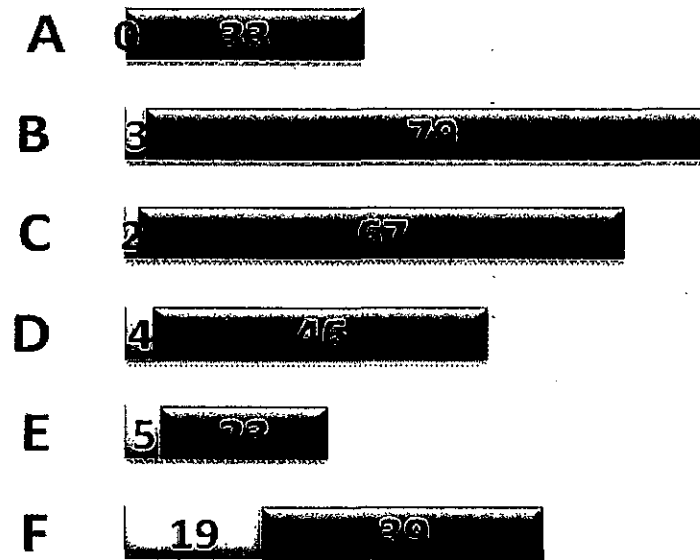
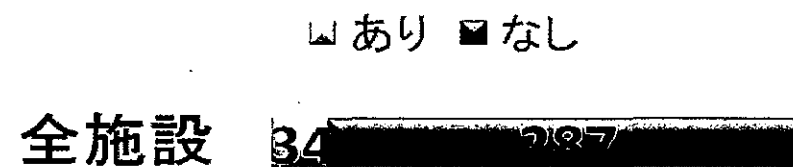
* リニアックなしの3病院と照射人数はずれ値1施設除外

IMRTの実施率: 56/372, 15%

都道府県拠点病院 (N=51)



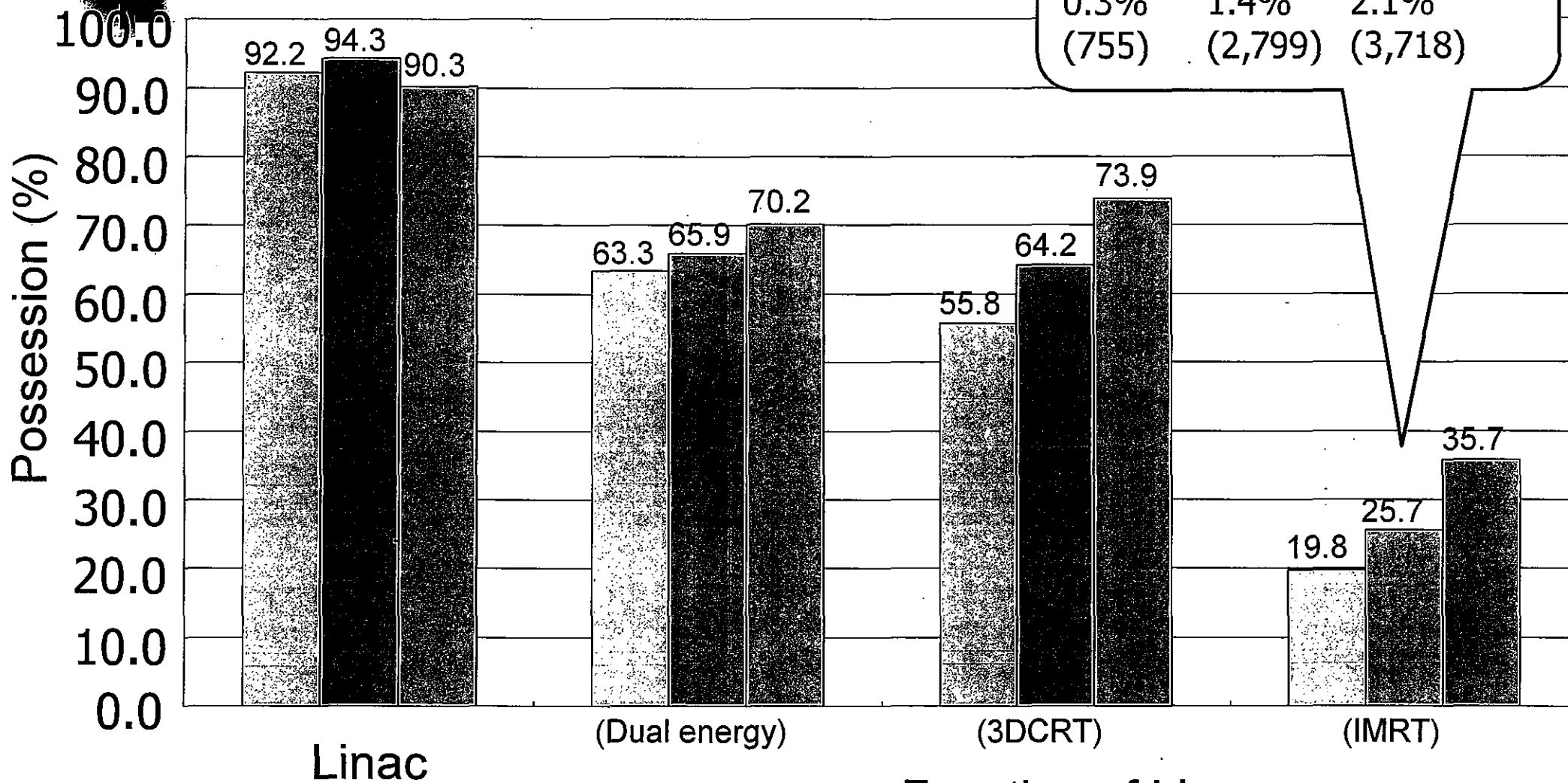
地域拠点病院 (N=321)



リニアックと機能の保有率

IMRT実施割合(実施人数)

| 2005 | 2007 | 2009 |
|-------|---------|---------|
| 0.3% | 1.4% | 2.1% |
| (755) | (2,799) | (3,718) |



2005(n=712)
 2007 (n=721)
 2009 (n=637)

日米放射線治療の構造比較

| | 日本 | 米国 |
|-----------------------|-----------|---------|
| 調査年 | 2007 | 2004 |
| 人口(×10 ⁶) | 127.8 | 293.9 |
| 施設数 | 765 | 2,010 |
| 新規患者数 | 約 181,000 | 700,000 |
| がん患者への適用率 | 26.1% | 66% |
| 放射線腫瘍医 (実質man power) | 826FTE | 約 4,000 |
| 放射線腫瘍医数 | 1,007 | — |
| 医学物理士 (実質man power) | 63.9FTE | 約 4,000 |
| 医学物理士数 | 180 | — |

FTE: full time equivalent (週40時間放射線治療専任業務＝実質的マンパワーを示す。)

日本放射線腫瘍学会構造調査2007

ASTRO Fact Sheet 2004