

光を用いた非侵襲生体診断

電気通信大学
山田幸生

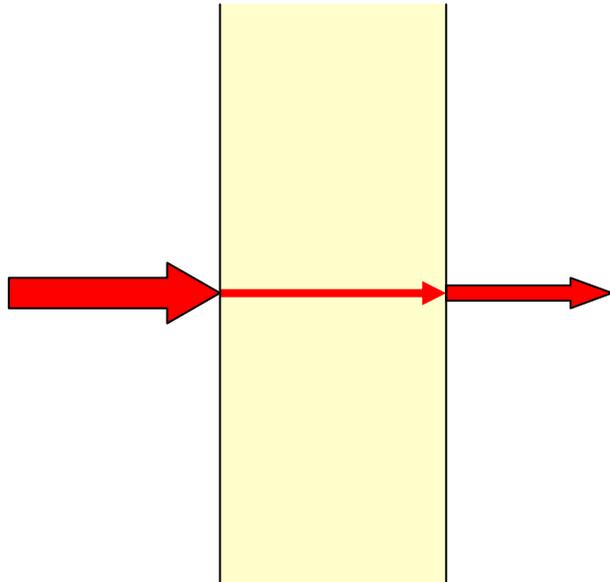


医用光学

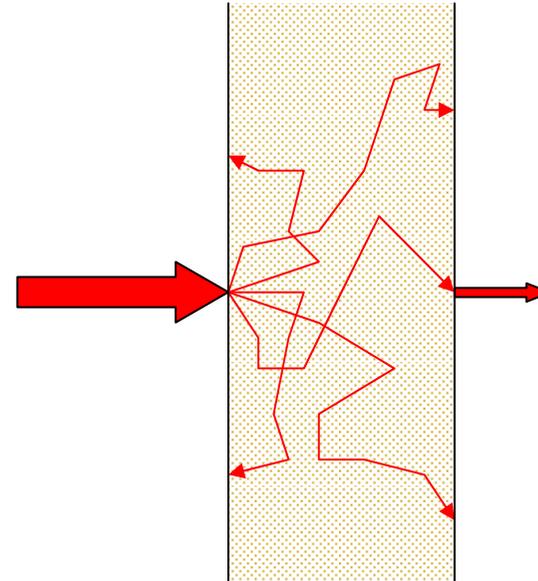
1. 光を用いた治療

2. 光を用いた生体診断

生体組織による光の吸収と散乱

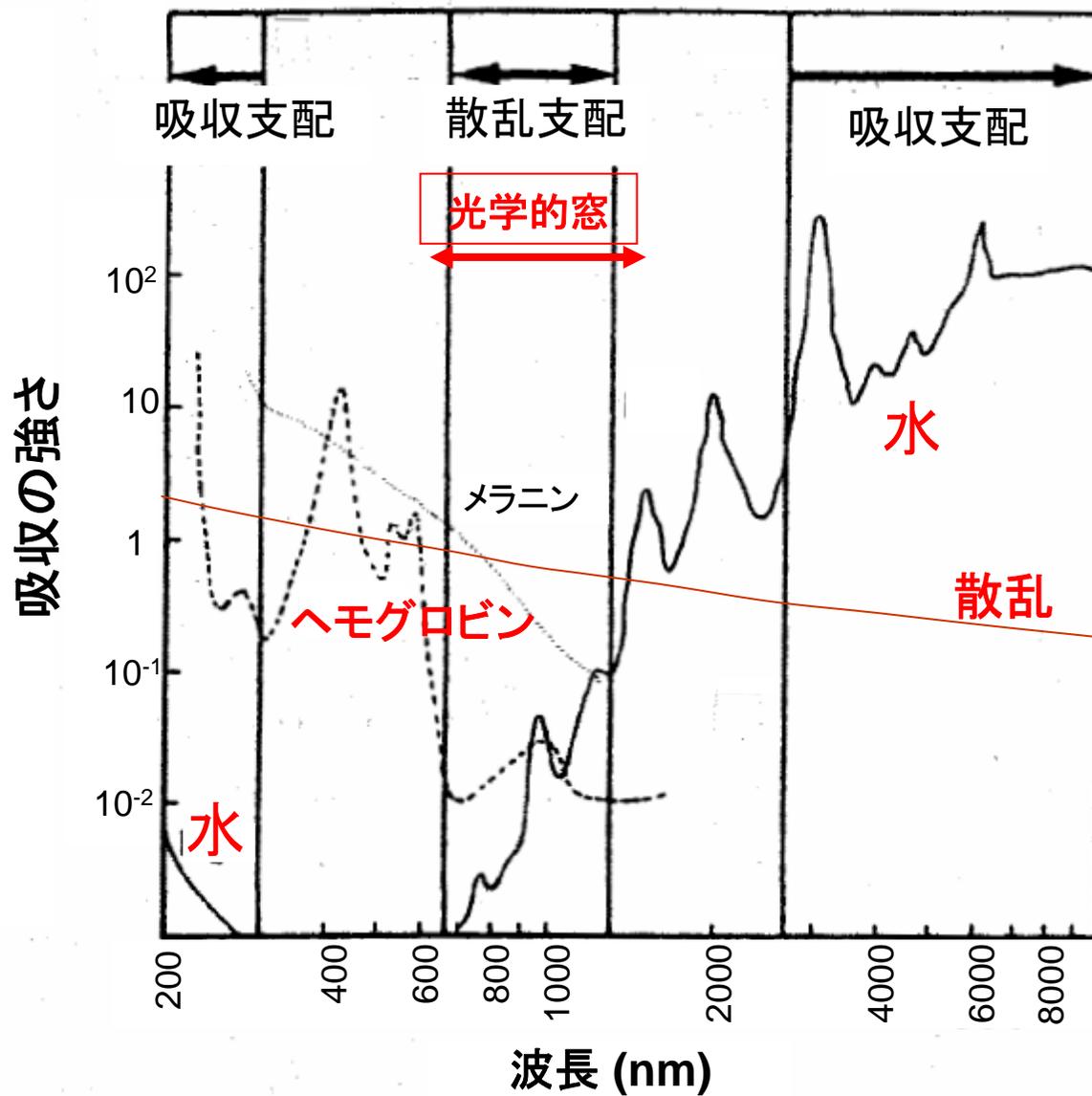


吸収



散乱

生体組織による光吸収の波長依存性



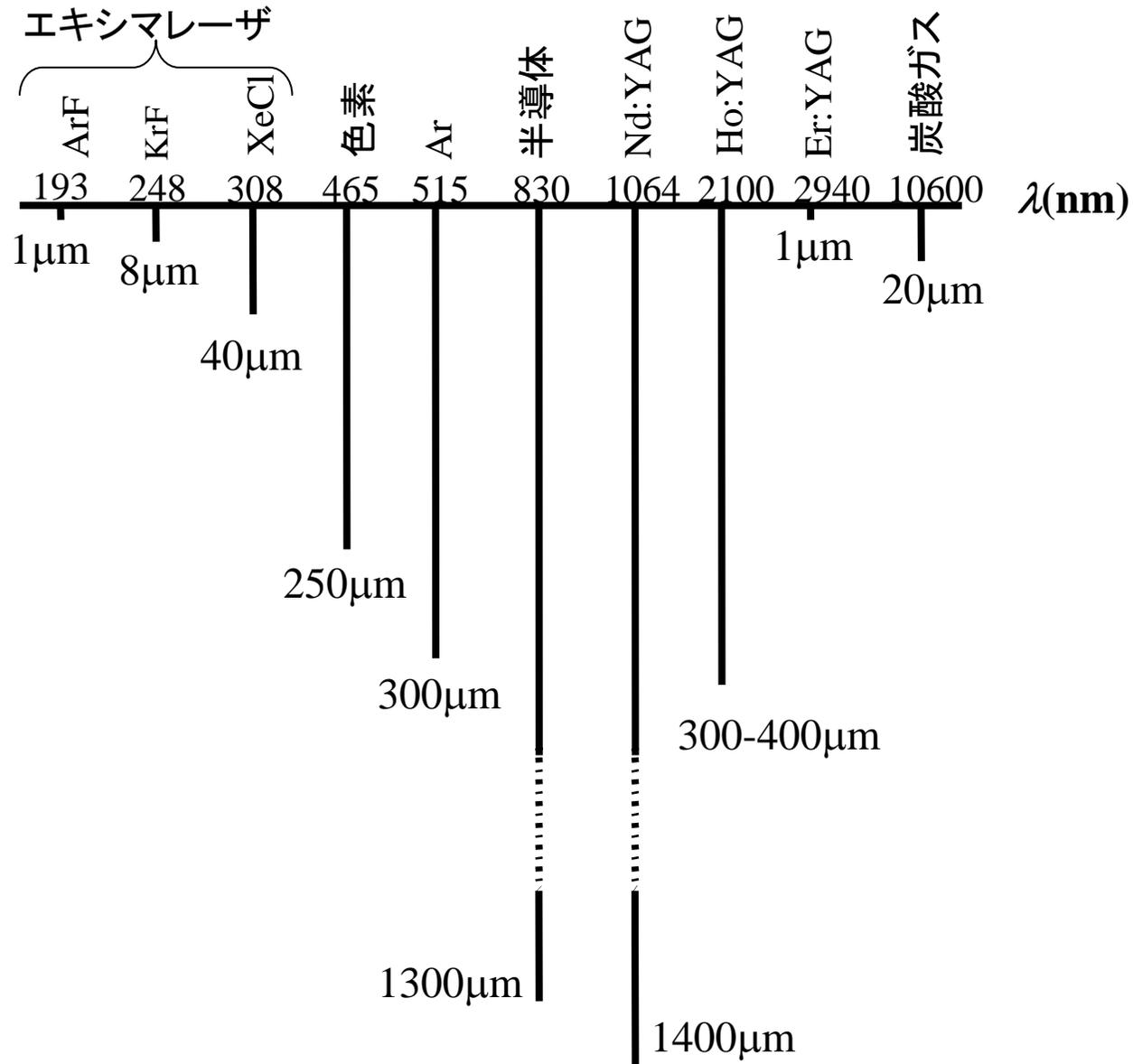


医用光学

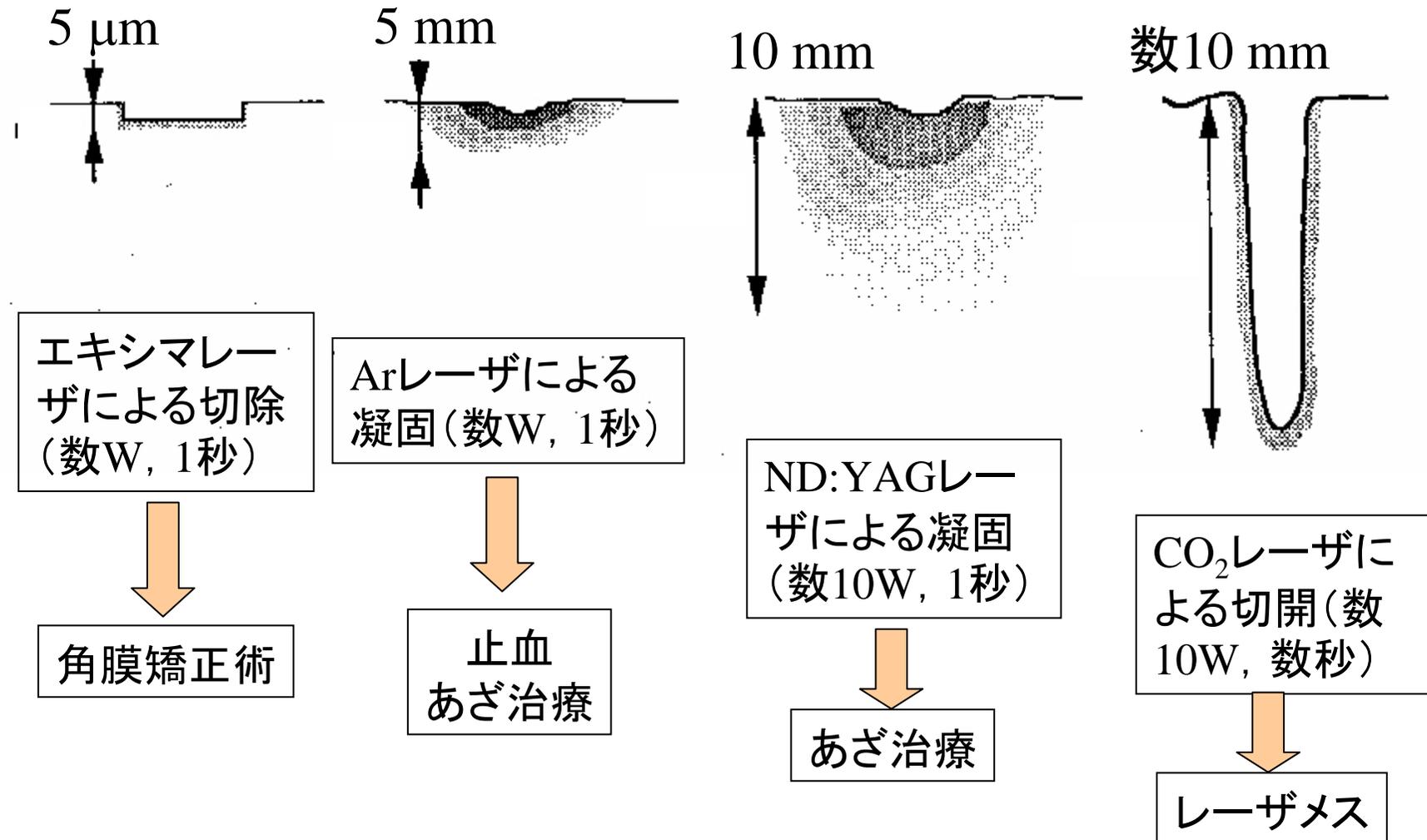
1. 光を用いた治療

2. 光を用いた生体診断

各種レーザー光の生体組織浸透深さ



レーザーアブレーションの治療への応用





がんの光化学的治療

PDT (Photodynamic Therapy)

1. 腫瘍親和性の**光感受性物質**を投与
2. 病巣へ光を照射
3. 光化学反応により**活性酸素(ラジカル)**発生
4. 腫瘍細胞が選択的に死滅

特徴

- ・正常組織: 腫瘍組織より光感受性物質濃度が低い→傷害は軽微
- ・光が深く浸透しない
 - 皮膚や管腔臓器の表面**に限られる
 - 皮膚がん, 肺がん, 食道がん, 子宮がん, など
- ・表在性早期がんでの治癒率が高い
- ・日光過敏症(薬剤投与後, 2~3週間は直射日光を避ける)



医用光学

1. 光を用いた治療

2. 光を用いた生体診断



近赤外光を用いる生体診断

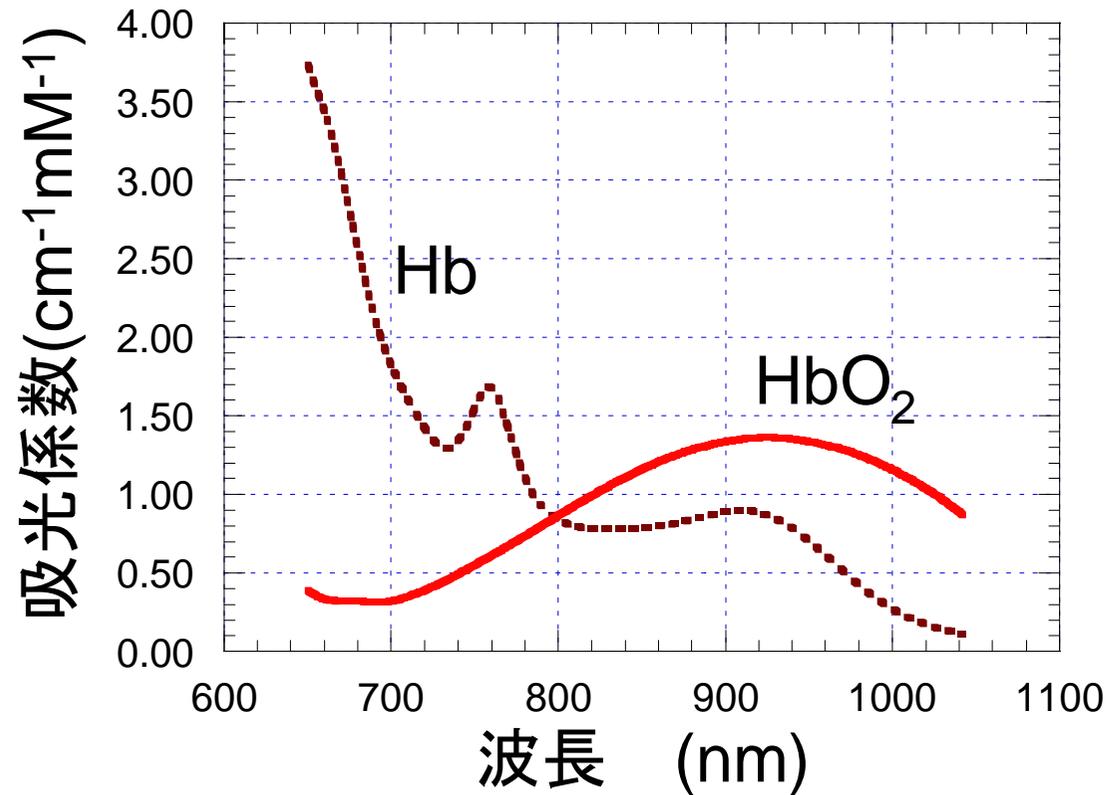
1. 原理と概念
2. パルスオキシメータ
3. OCT (Optical Coherence Tomography)
4. 酸素モニター
5. 光マッピング (Optical Mapping)
6. 拡散光トモグラフィー (DOT)
7. 血糖値測定

手のひらを透過する近赤外光



O plus E (1999)

近赤外光における血液の色

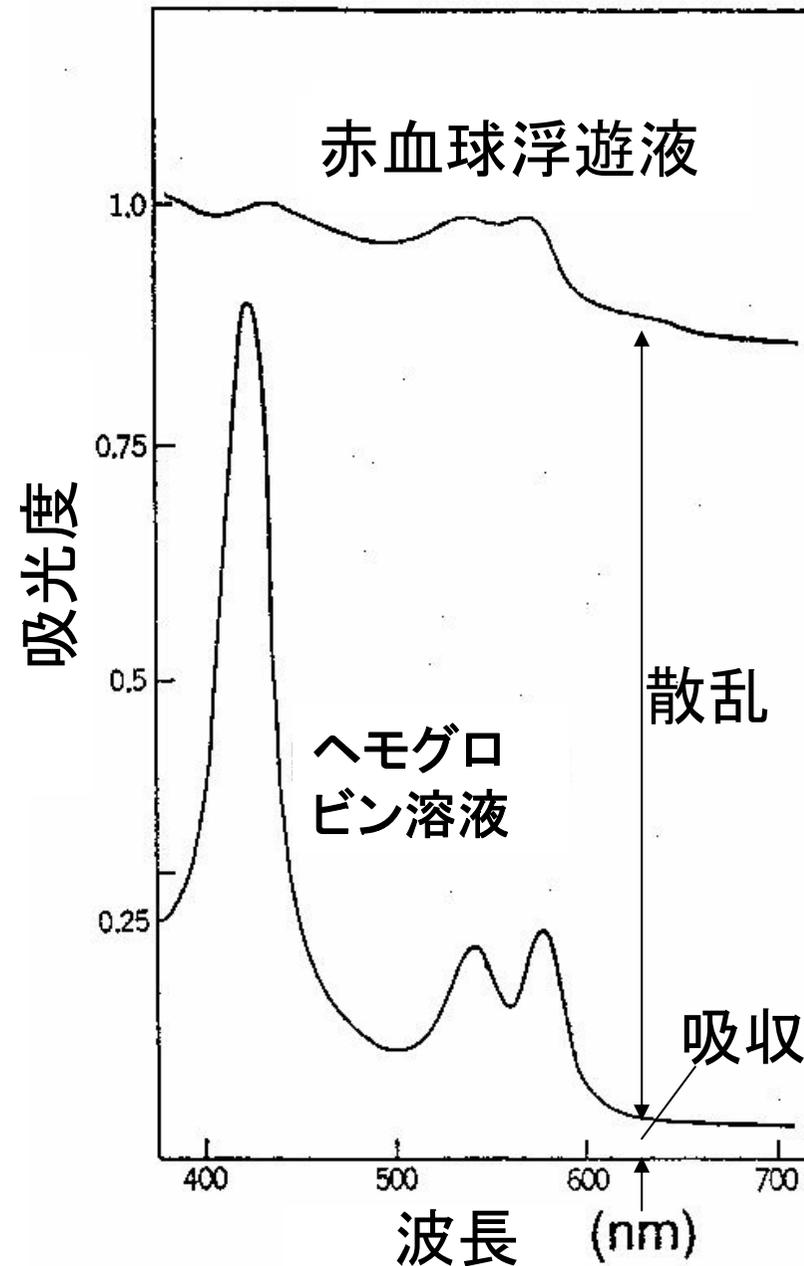


色を測定
↓
酸素飽和度

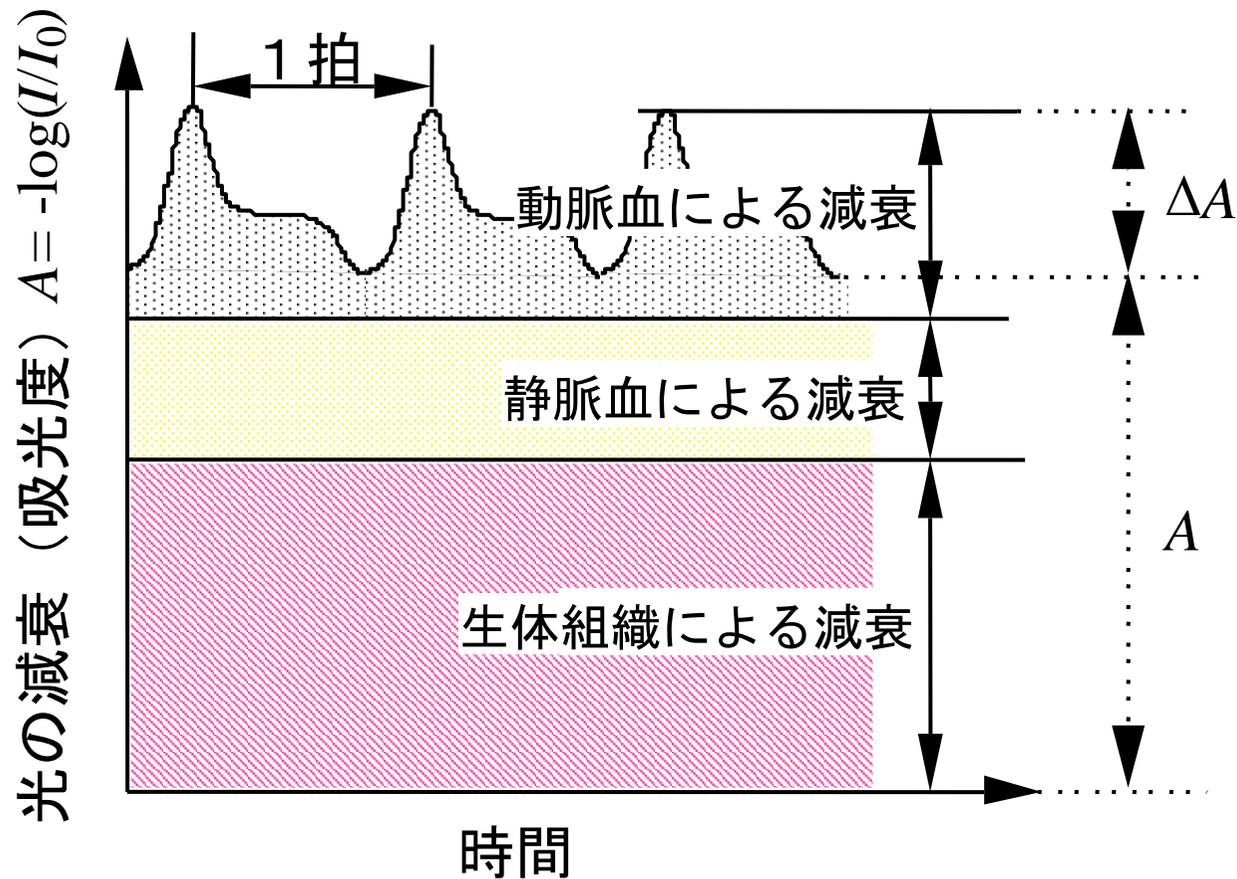
強い光散乱

近赤外光に対し
散乱 >> 吸収

$$\mu_s \gg \mu_a$$

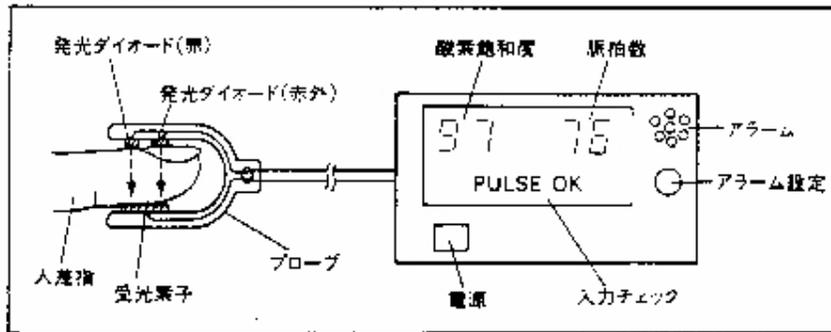


2. パルスオキシメータ

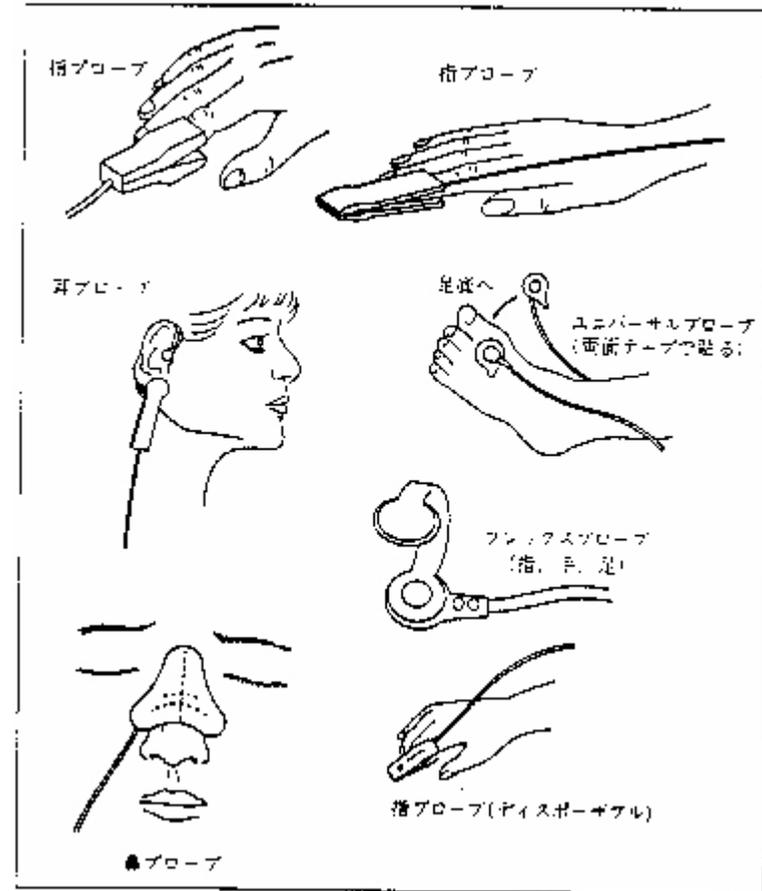


青柳卓雄(1964)

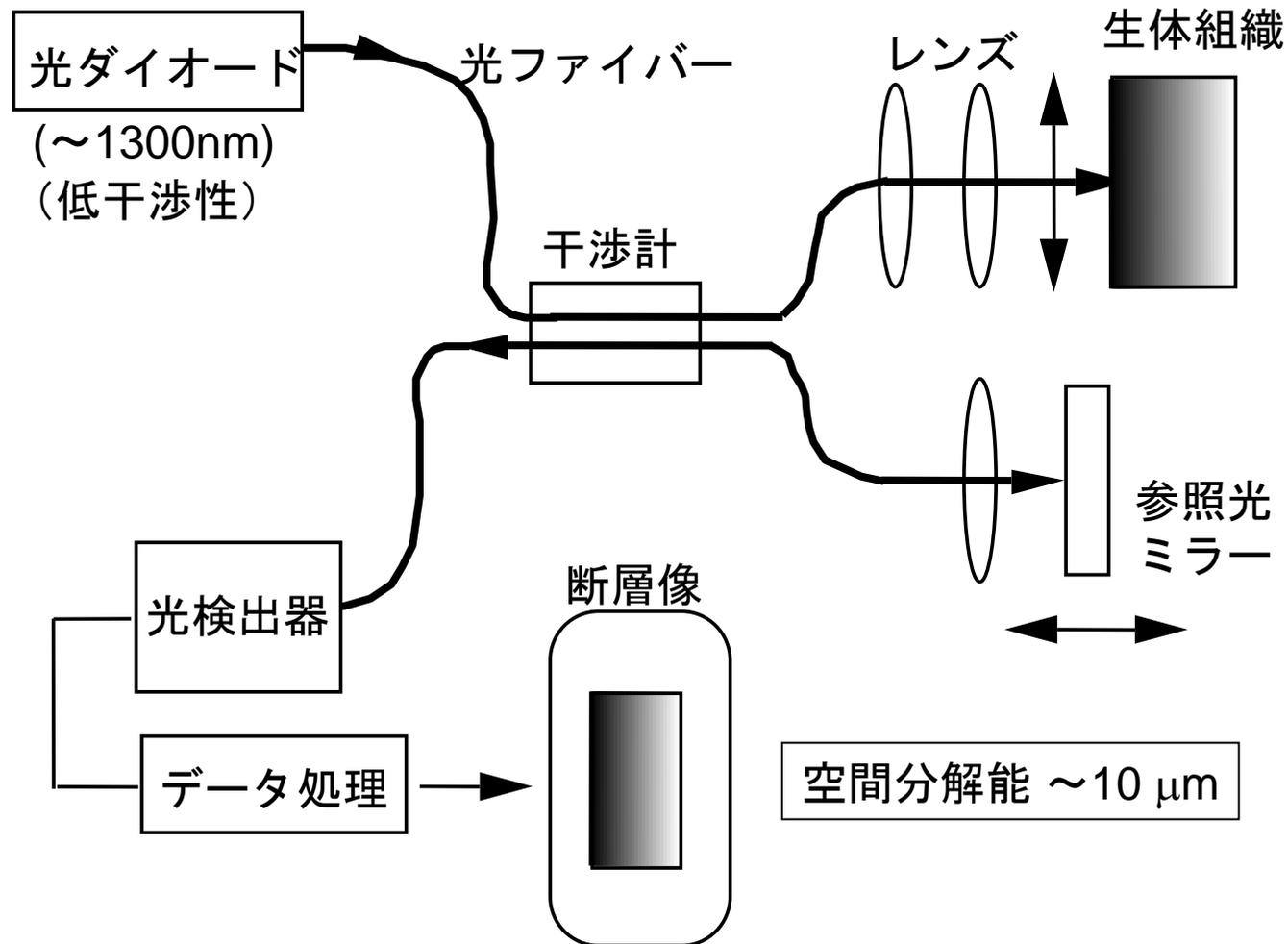
パルスオキシメータ



$$(\text{酸素飽和度}) = \frac{[\text{HbO}_2]}{[\text{HbO}_2] + [\text{Hb}]}$$

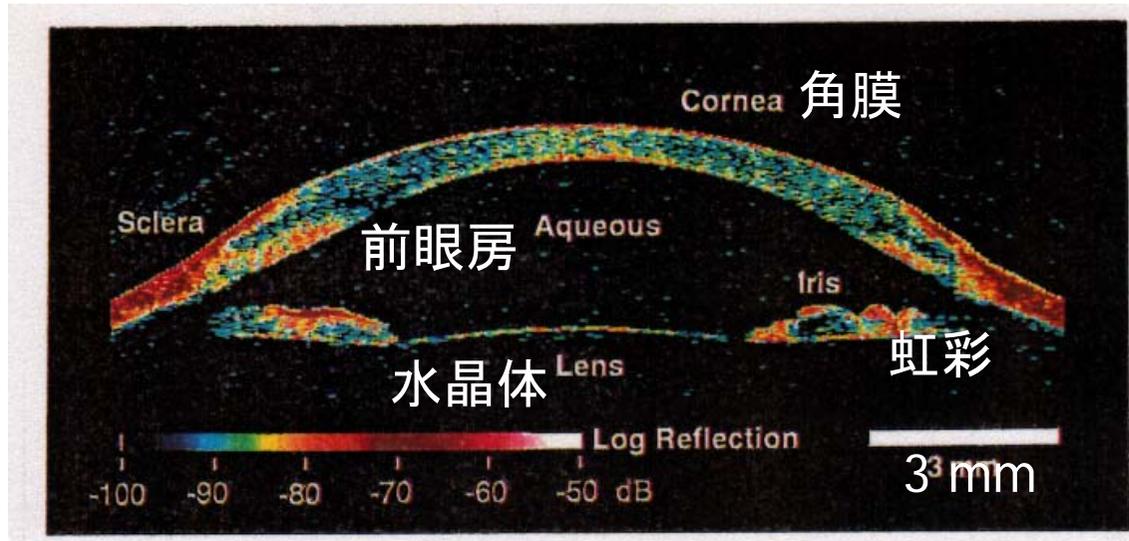


3. OCT (Optical Coherence Tomography) (光干渉断層画像)

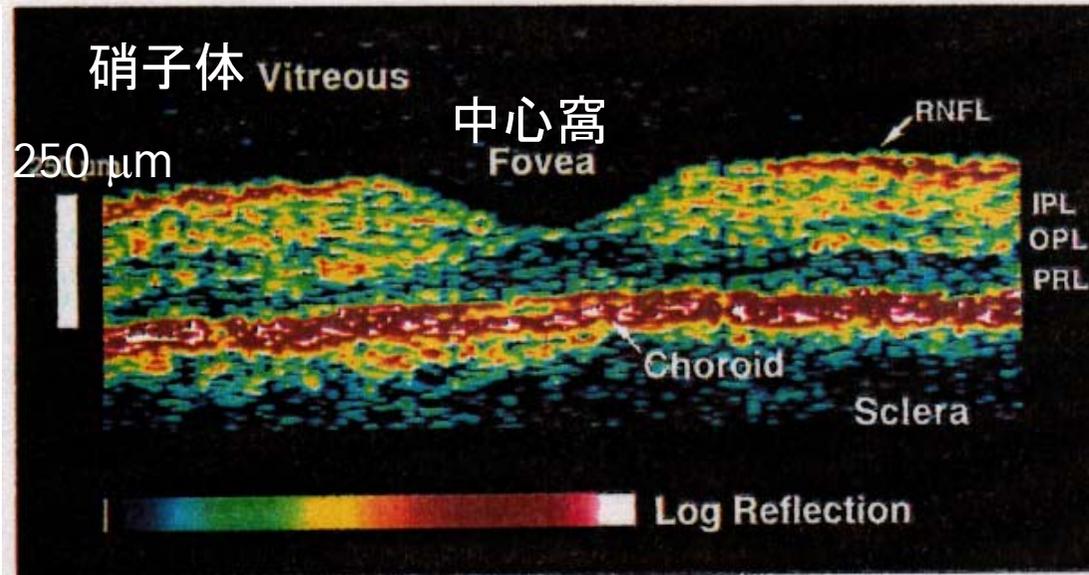


OCT画像の例

角膜
近傍



網膜



- ・超音波よりも10倍以上の分解能
- ・観測深さは数mmが限度

- ・眼科では広く実用化
- ・高速化
- ・高分解能化
- ・3次元化
- ・内視鏡への応用

Izatt, et al.,
SPIE Press (1993)

4. 酸素モニター

術中の麻酔管理に!
循環・代謝の研究に!

酸素が見える。

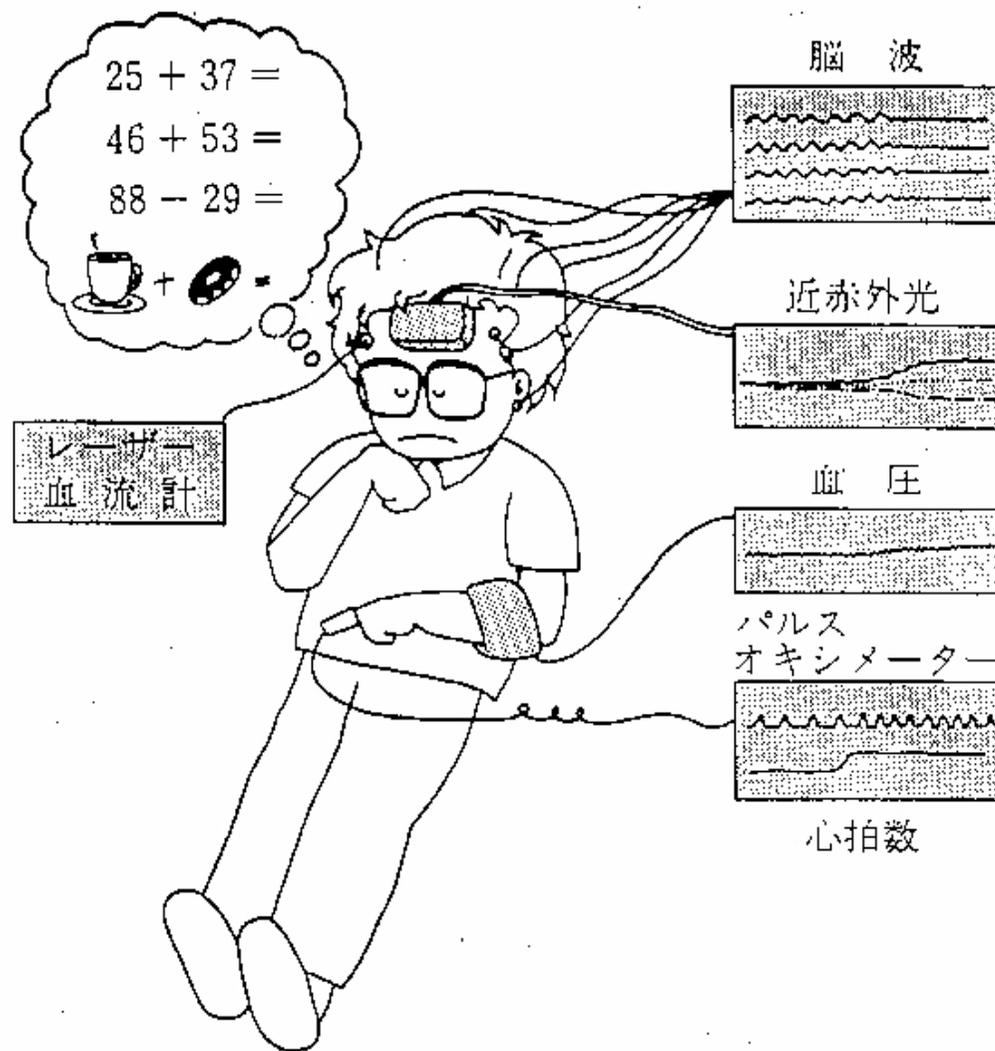
OM-100A

The advertisement features a central illustration of a human head with a brain diagram. A red semi-circle is positioned on the forehead, with a horizontal line passing through it, representing the sensor's placement. Below this, a patient is shown in an operating room, with a laptop displaying a graph. In the foreground, the OM-100A oxygen monitor is visible. The text '酸素が見える。' (Oxygen is visible.) is written vertically in large blue characters. Two speech bubbles contain the text '術中の麻酔管理に!' and '循環・代謝の研究に!'. The model number 'OM-100A' is printed on the device.

組織の平均的な酸素化状態の変動

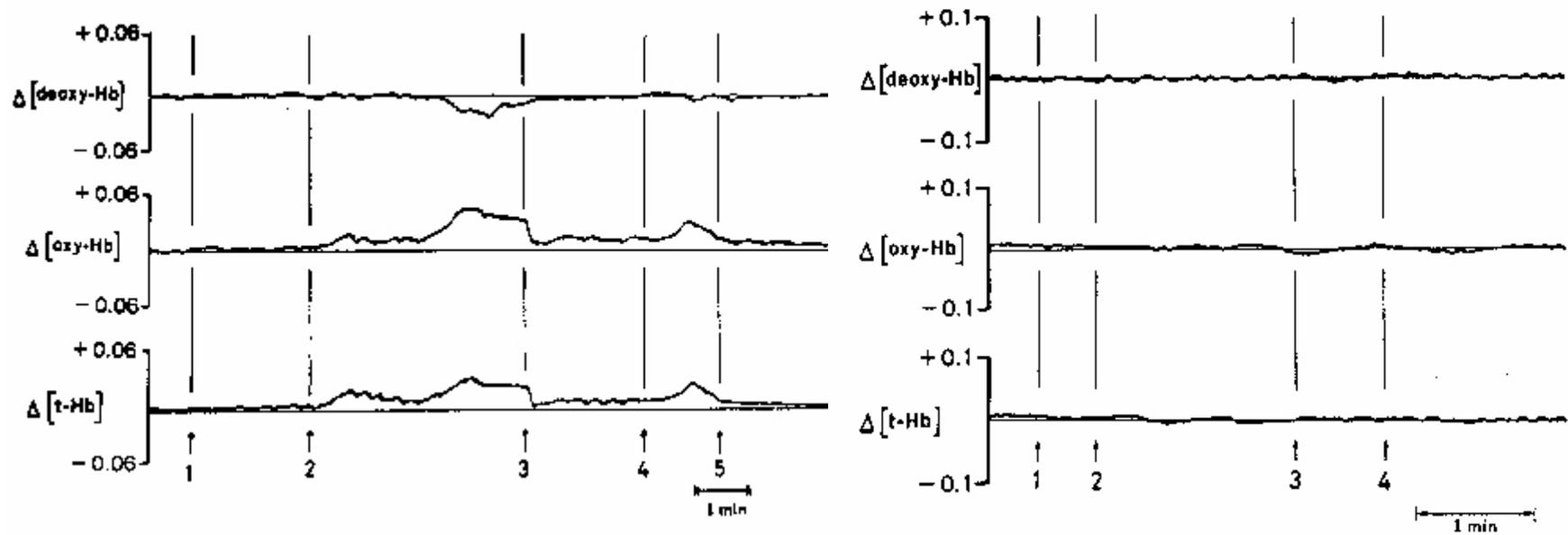
島津製作所
カタログ

脳活動モニタリング



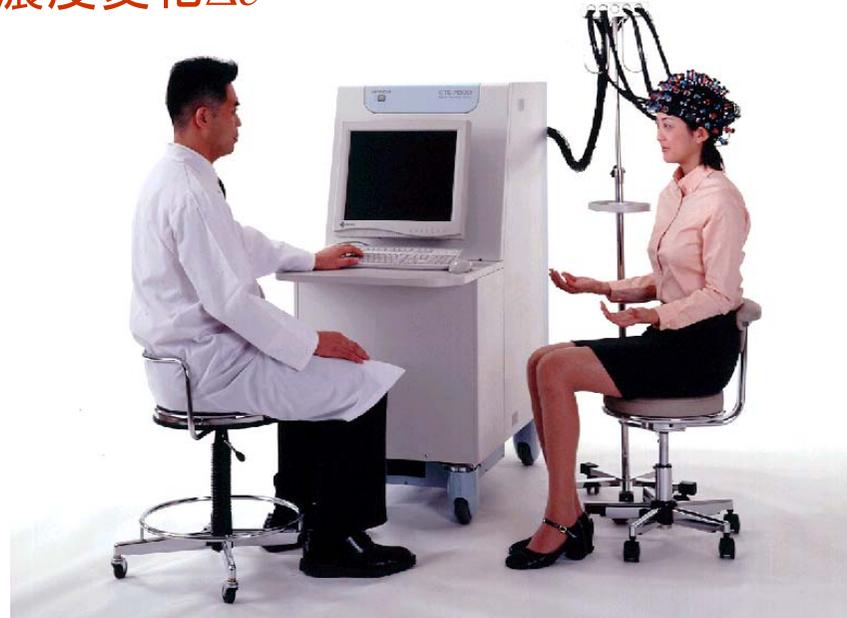
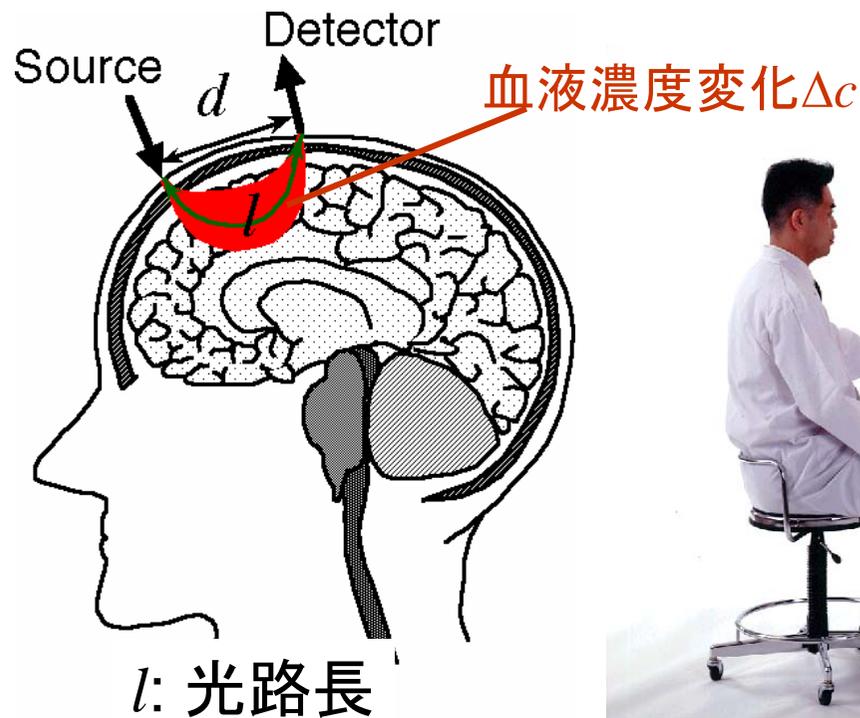
北海道大学
田村 守研究室

前頭前野の活動



Hoshi and Tamura, Neuroscience Letters (1993)

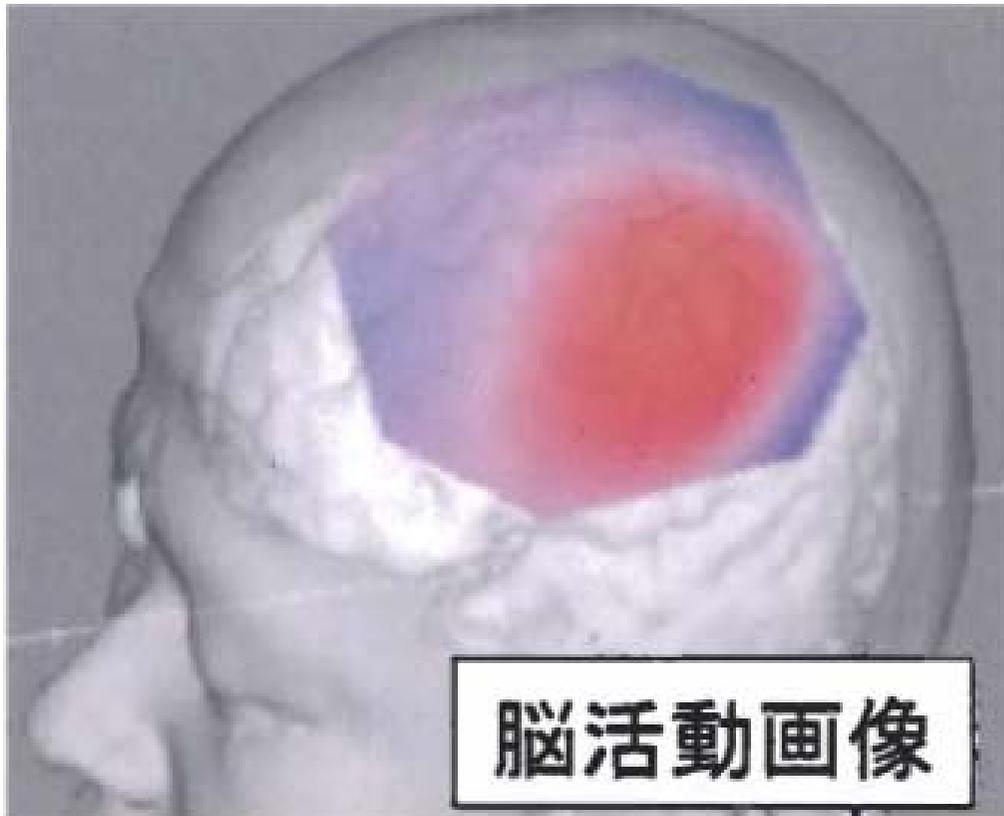
5. 光マッピング (光トポグラフィー)



$$\text{Beer's law: } \Delta A = \Delta \mu_a \times l = \varepsilon_a \Delta c \times l$$

(株)日立製作所提供

光トポグラフィー画像



長所

- ・時間応答が速い
- ・比較的自由的な姿勢で計測

短所

- ・脳の深部は見られない
- ・個人間の比較ができない

(株)日立製作所提供

連続光: $\Delta c \times l$ (分離不可)

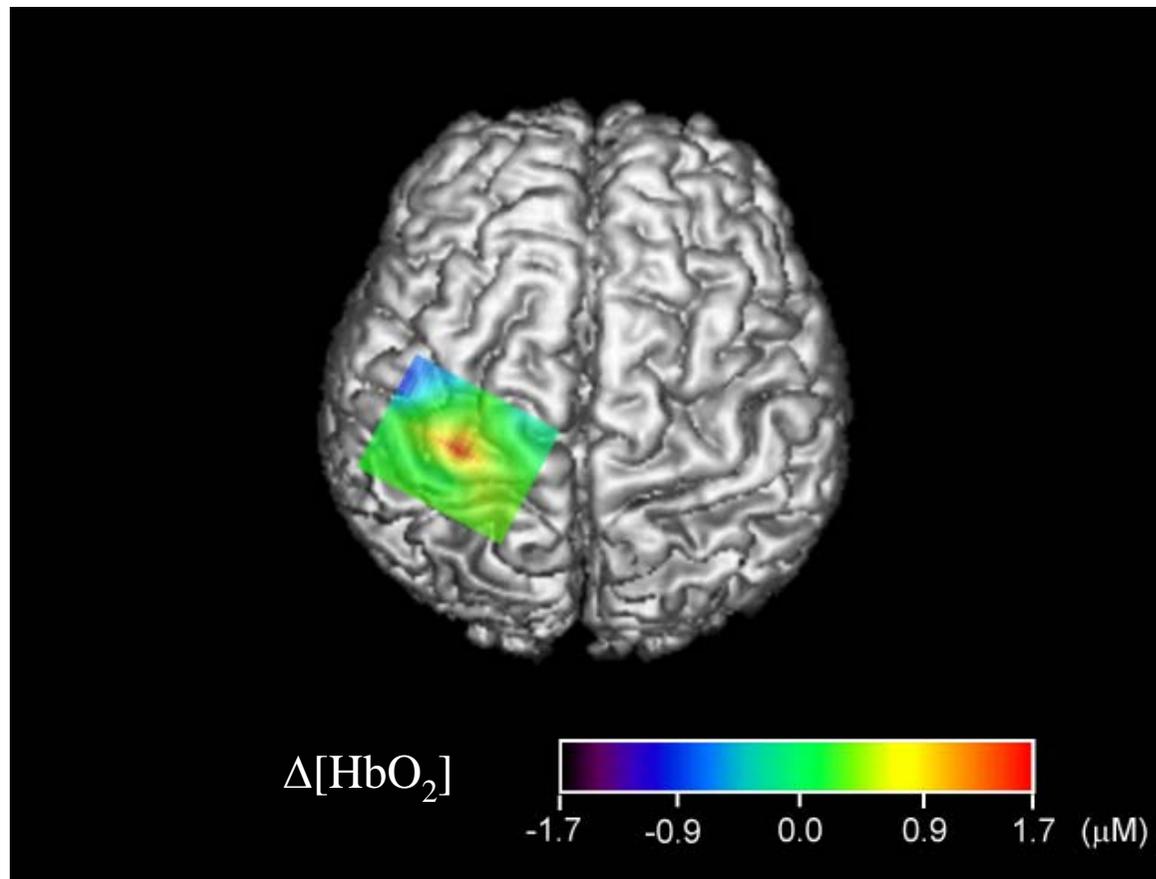


定量性に課題



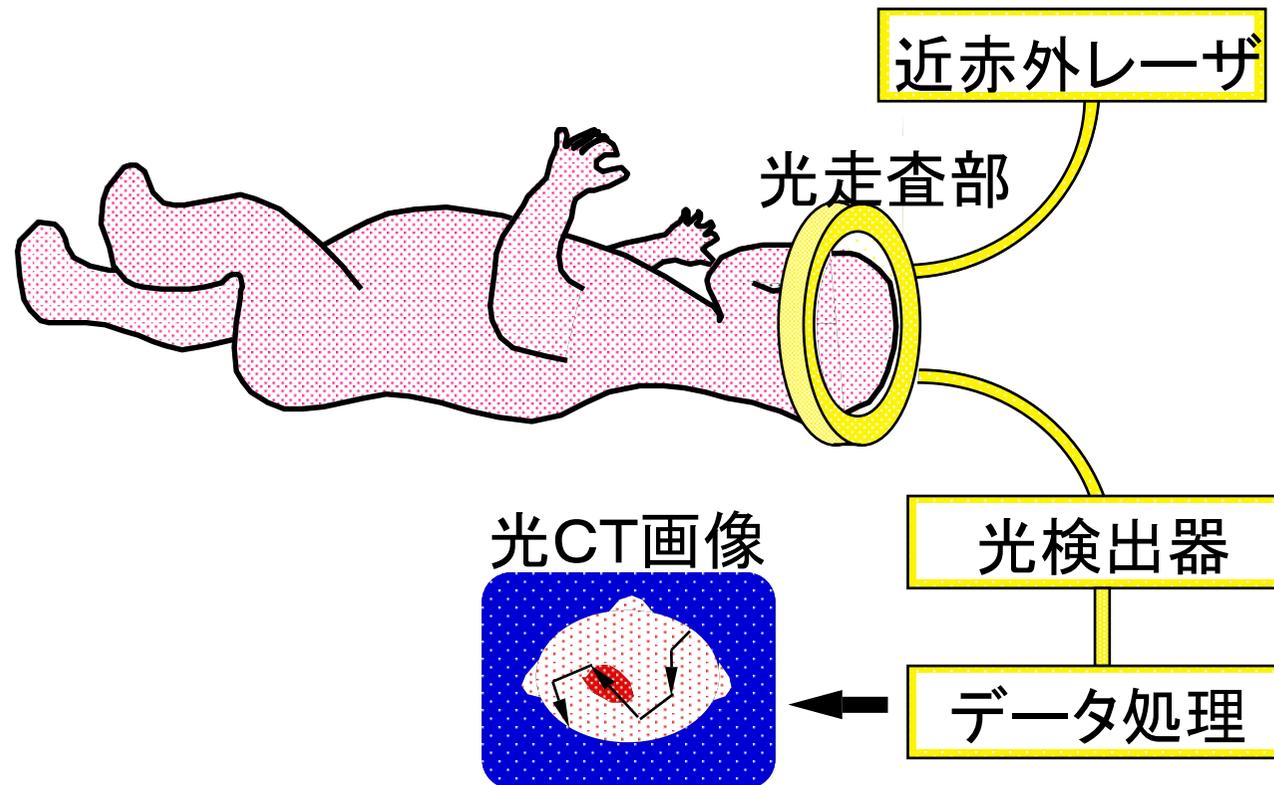
個人間の比較不可能

時間分解法による光マッピング

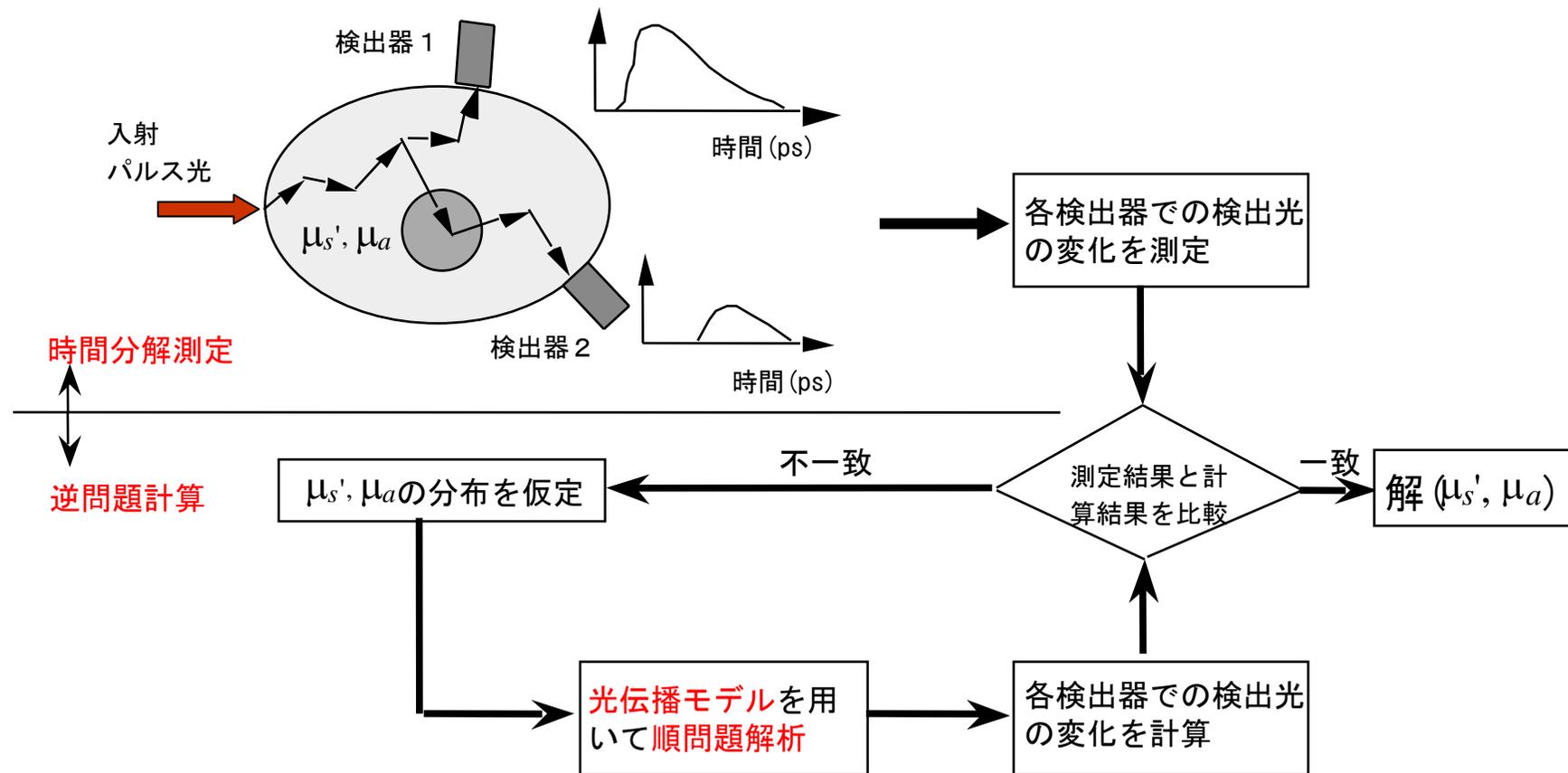


$\Delta[\text{HbO}_2]$ 画像をMR画像に重ねた.
右指タッピングで左運動野が活性化.

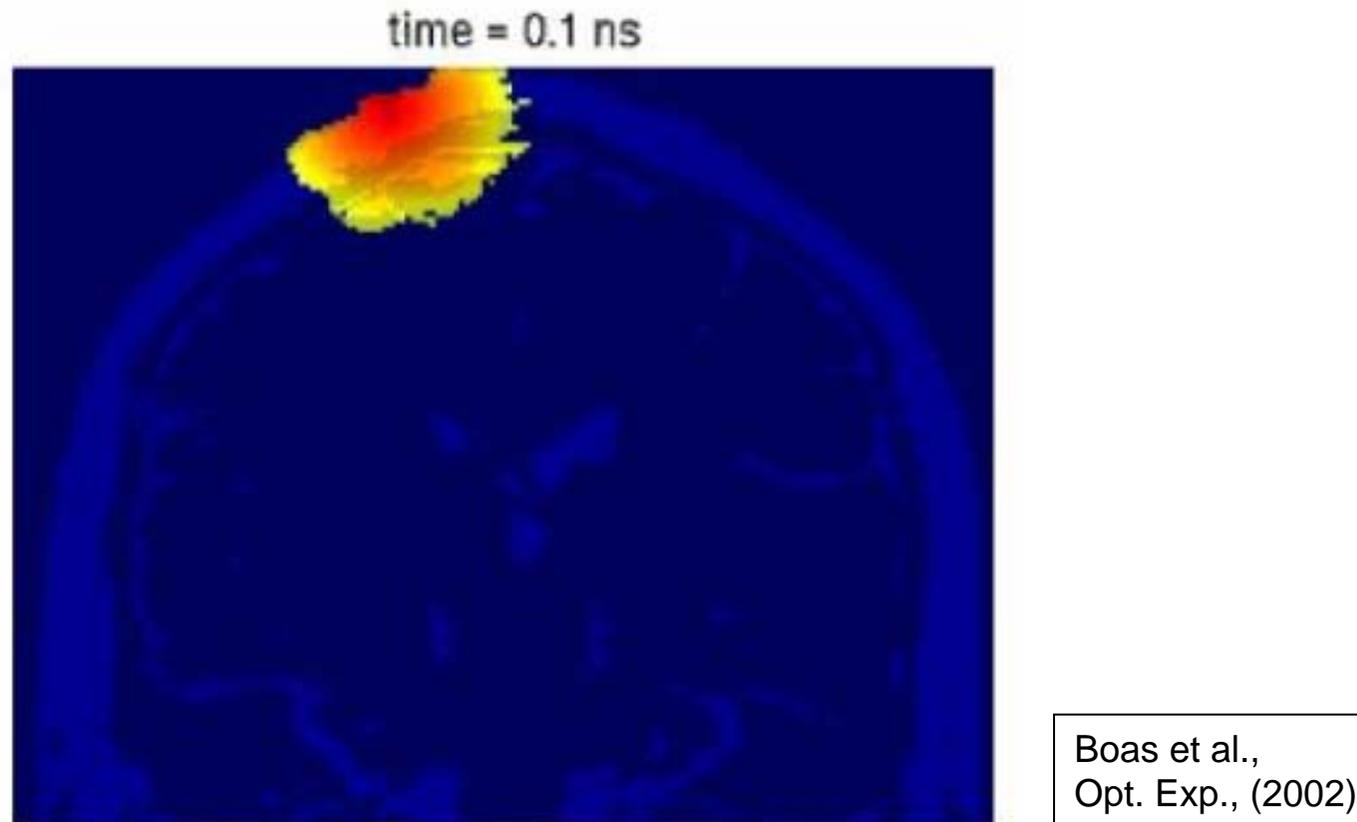
6. 拡散光トモグラフィ（光CT）



アルゴリズムの概念

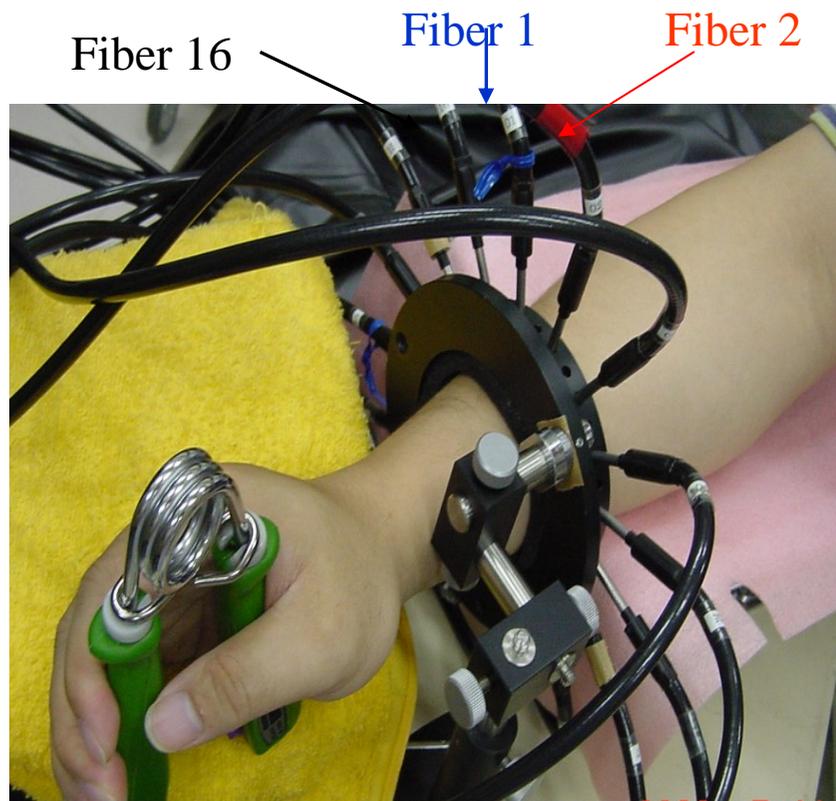


頭部内の光伝播シミュレーション



Propagation of pulse light through a 3D human head.
(Color scale: logarithmic and spanning 10 orders of magnitude)

前腕の筋肉活動



Subject A

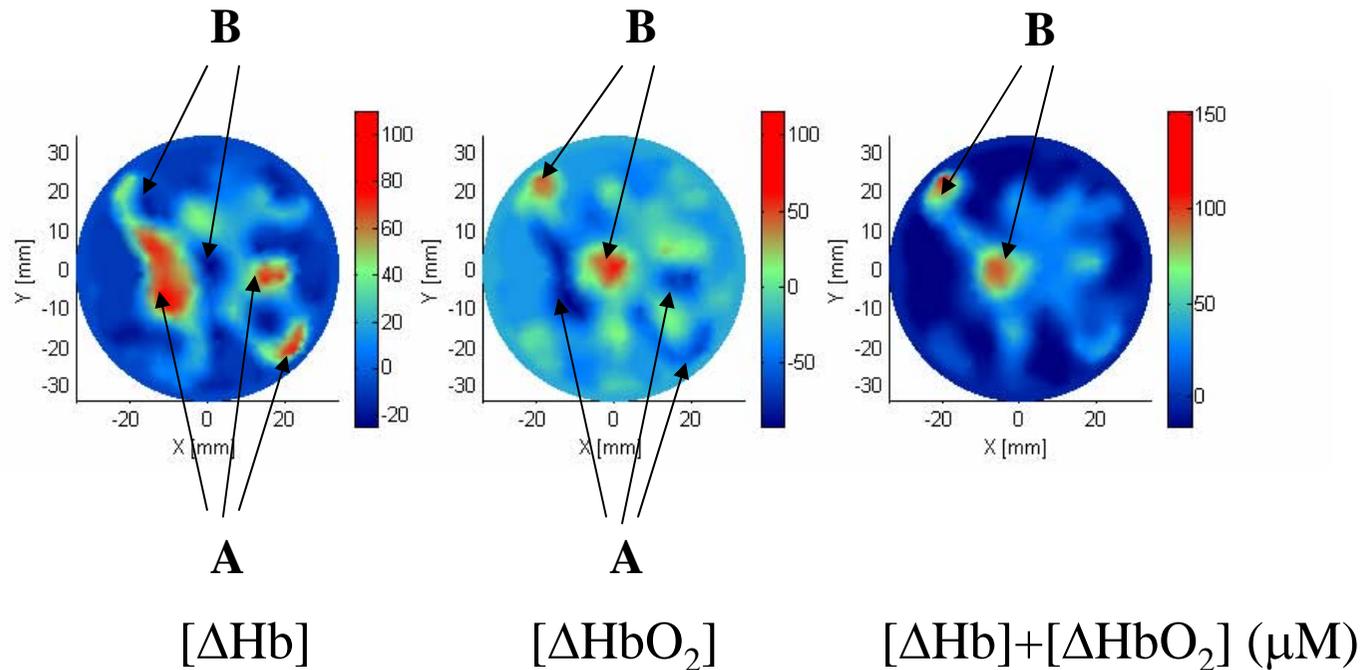


Subject C

Rest and Handgrip Exercise

前腕の拡散光トモグラフィ

タスクとレストの血液動態の差に関する断層像



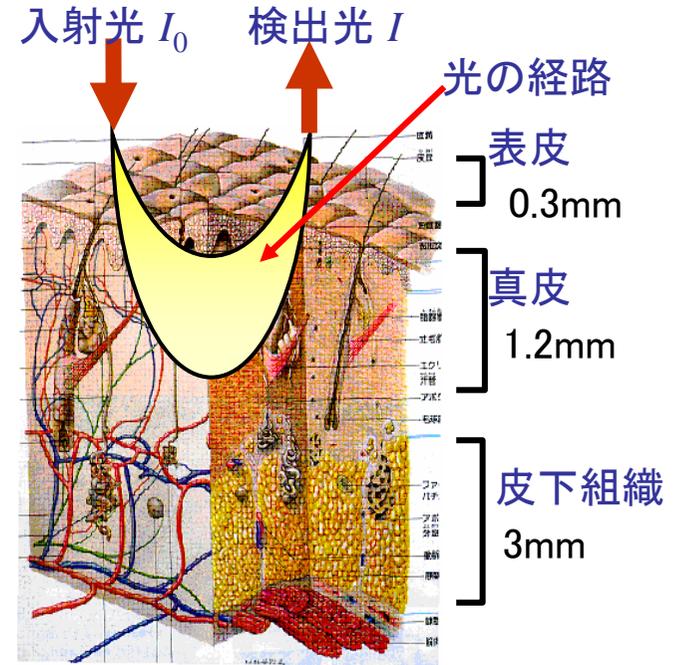
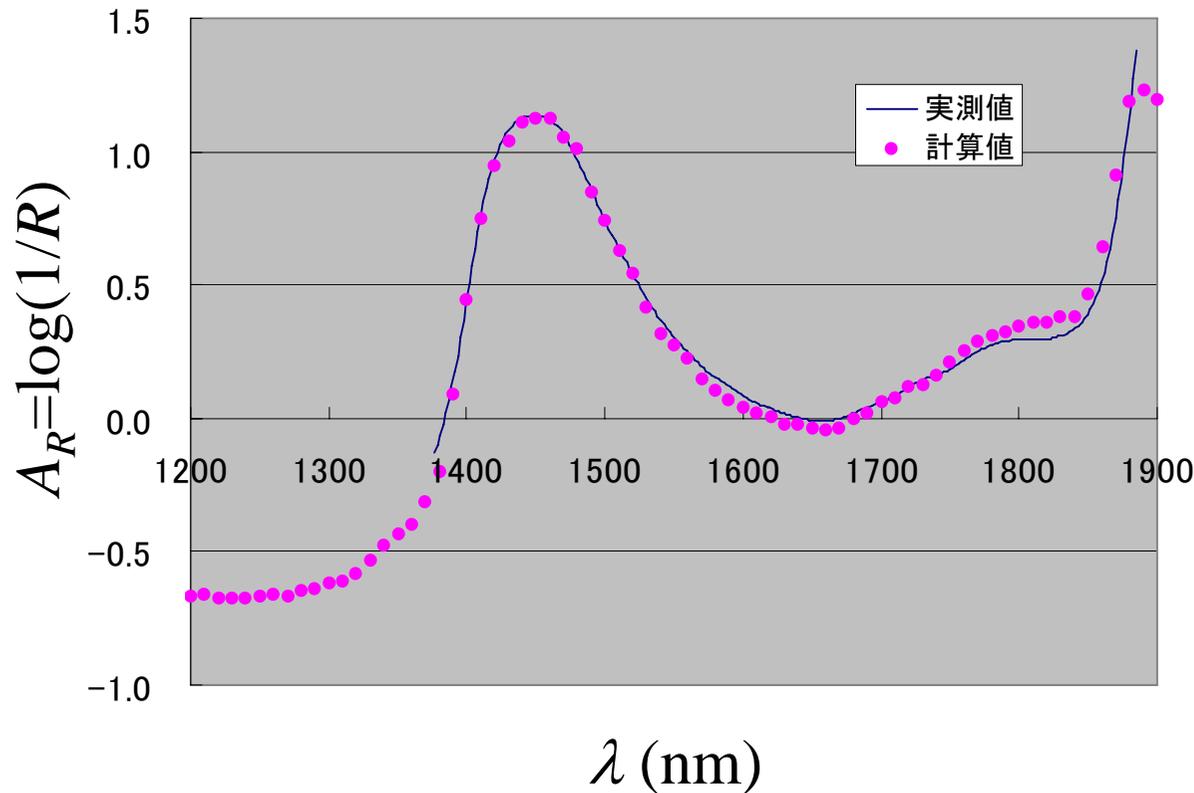
Regions A: $[\Delta\text{Hb}] > 0$ and $[\Delta\text{HbO}_2] < 0$, (筋肉)

Regions B: $[\Delta\text{HbO}_2] > 0$ and total $[\Delta\text{Hb}] + [\Delta\text{HbO}_2] > 0$, (太い動脈)

7. 非侵襲血糖値測定

- ・光を用いた非侵襲・連続血糖値測定は実用化されていない
- ・従来の手法
 - 事前に糖負荷試験
 - 血糖値とスペクトルのデータを取得
 - 多変量解析を適用し検量関数を作成
 - 糖負荷試験データの範囲では血糖値を良く推定
 - 別の日・人では血糖値が推定できない
 - 原因: 血糖値以外のスペクトル変動要因が不明

シミュレーションによる吸光度スペクトルの合成

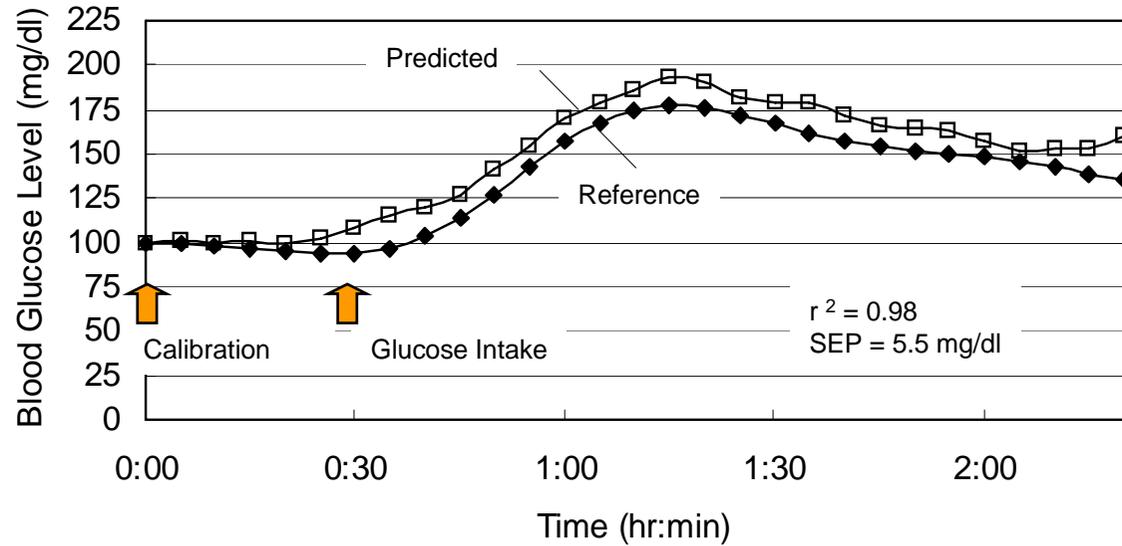


各種外乱要因の影響を推定

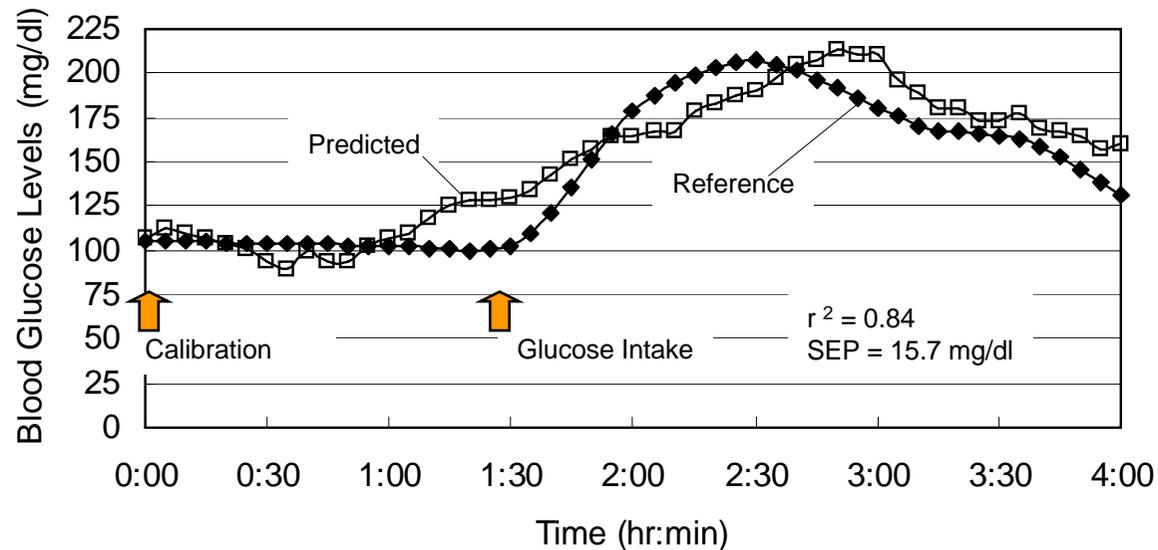


事前実験なしに検量関数を作成

in vivo 実験結果



被験者：
健全者男性(45歳)



Maruo et al.,
Appl. Spectr. (2006)



生体医用光学の将来

- 病理検査(ex.腫瘍たんぱく質分子)
- 小動物(ex.遺伝子発現, 新薬開発)
- 血液診断(ex.血糖値)
- 頭部診断(ex.脳高次機能, 手術支援)
- 乳房診断(ex.乳がん)
- 内腔診断(ex.内視鏡とOCT・蛍光)



以下，予備資料



「あざ」のレーザー治療

- 血管性病変（赤色系あざ）

ポートワイン母斑, 莓状血管腫, 毛細血管拡張症など

- 表在性色素性病変（茶色系あざ）

表皮および真皮浅層に比較的大量のメラニン色素性母斑, 老人性色素斑, 表皮母斑など

- 深在性色素病変（青色系あざ）

太田母斑

光化学的治療の原理

