

光を用いた非侵襲生体診断

電気通信大学
山田幸生

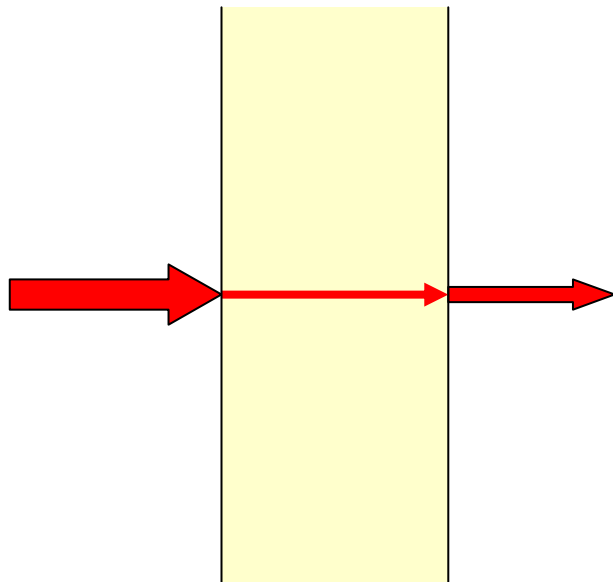


医用光学

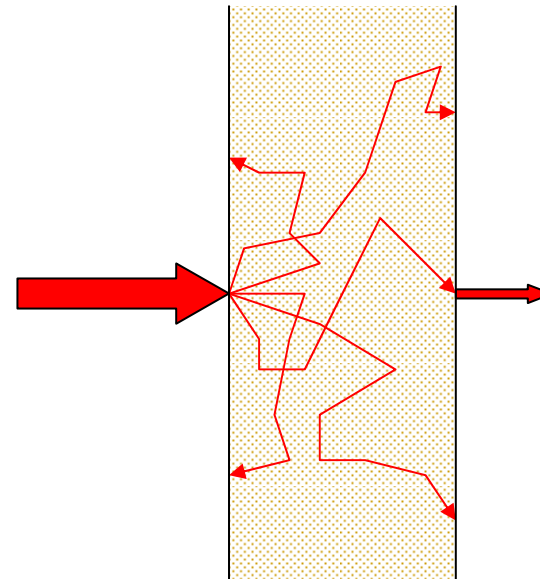
1. 光を用いた治療

2. 光を用いた生体診断

生体組織による光の吸収と散乱

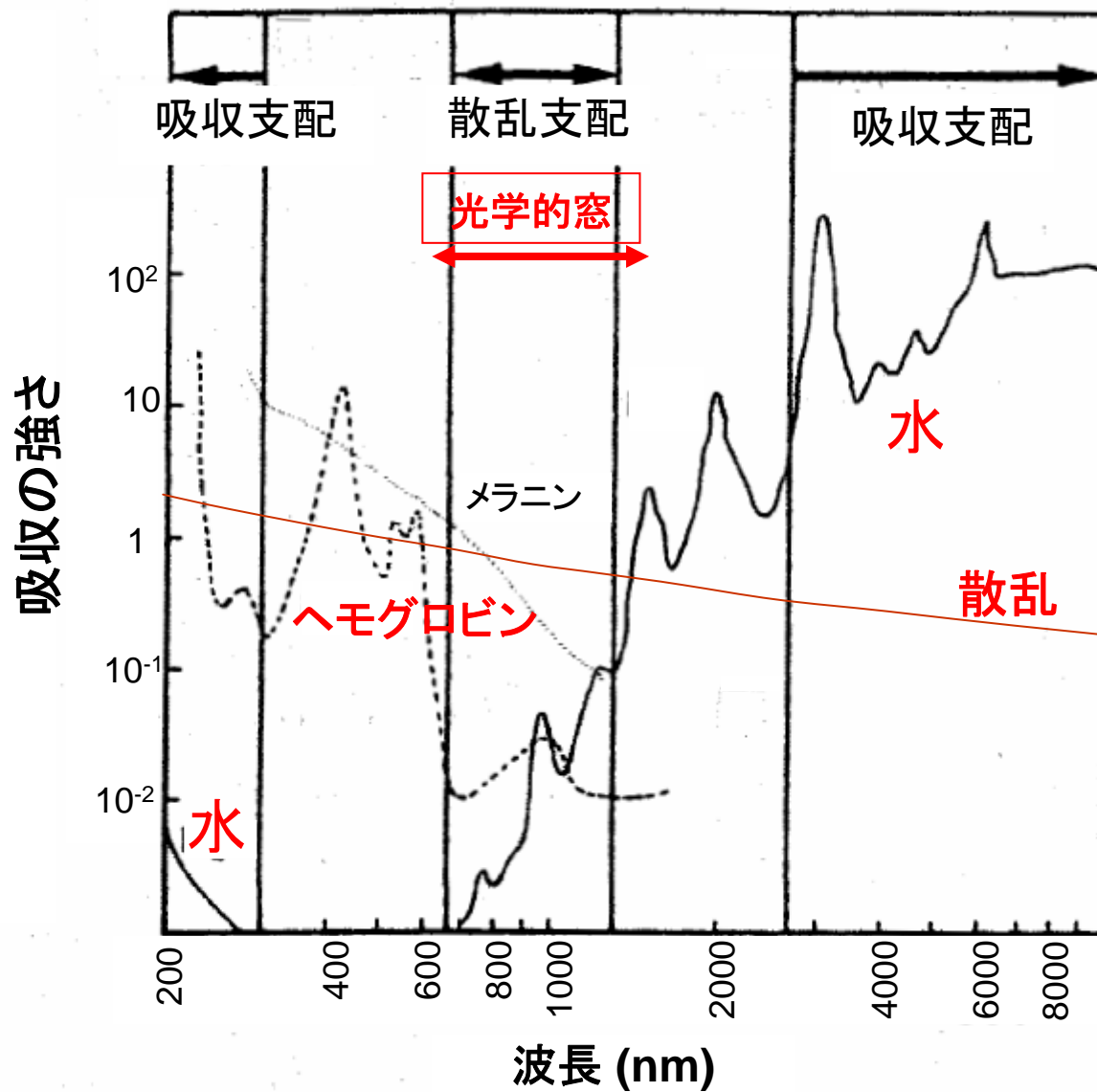


吸収



散乱

生体組織による光吸収の波長依存性



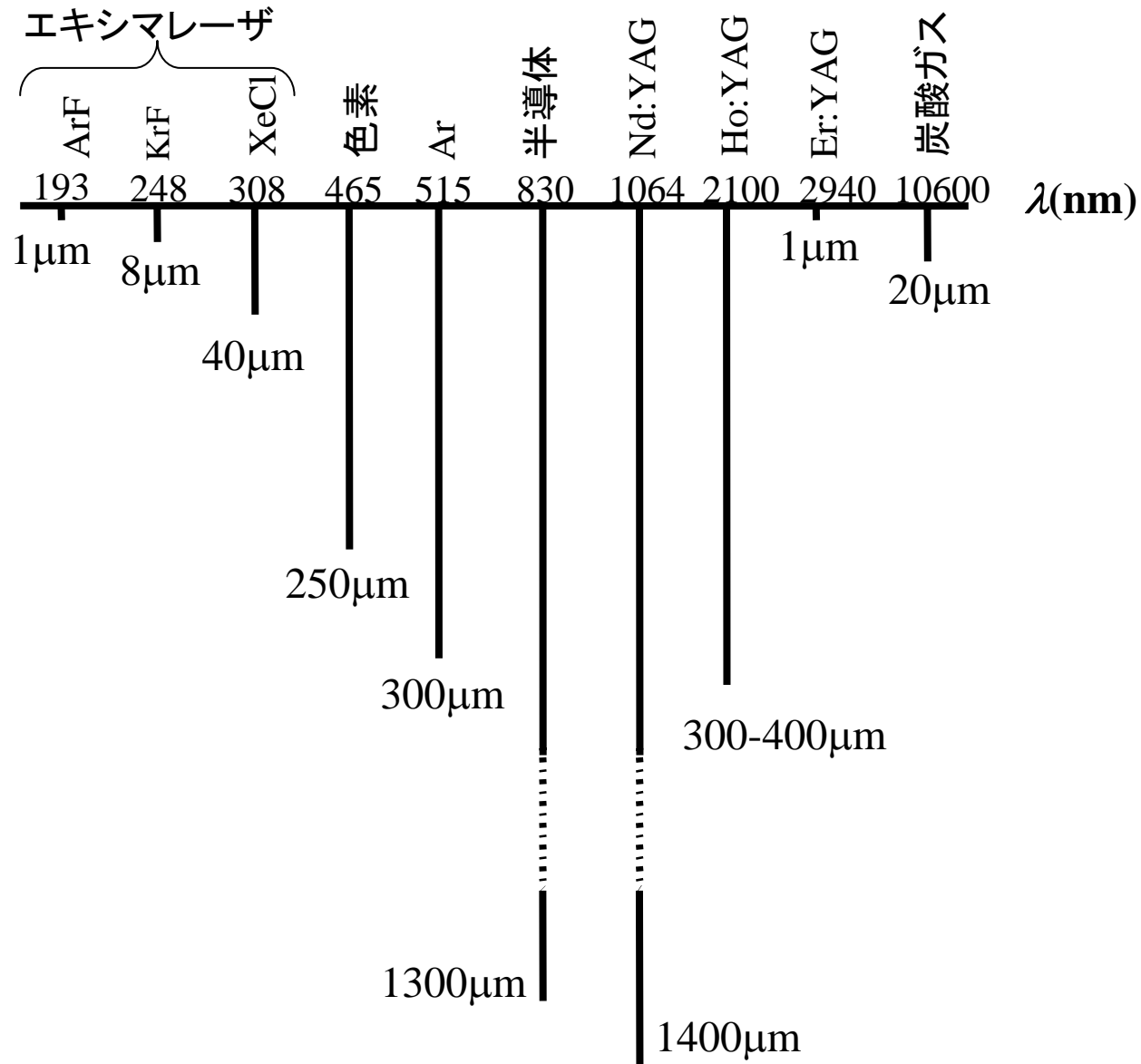


医用光学

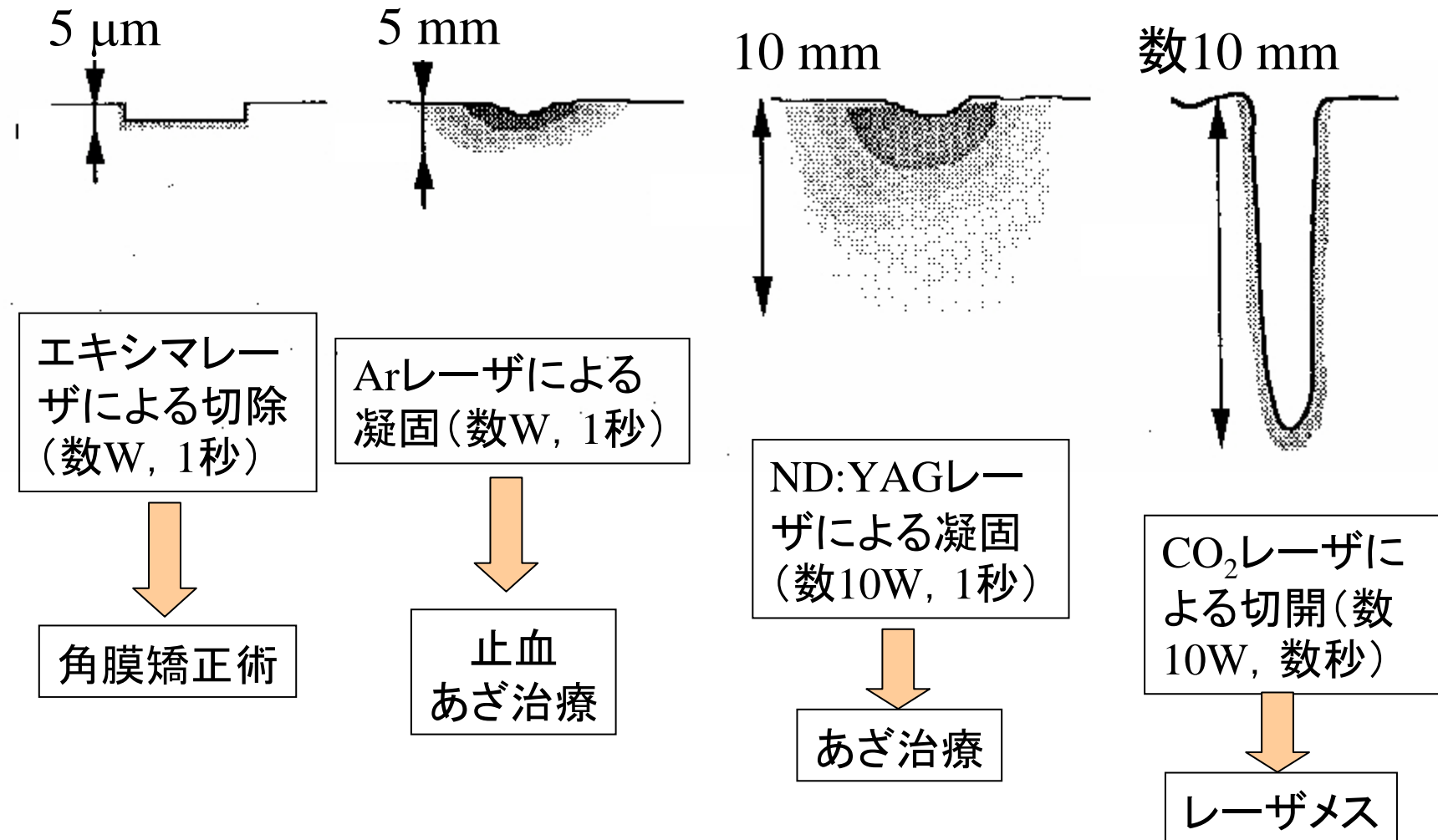
1. 光を用いた治療

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

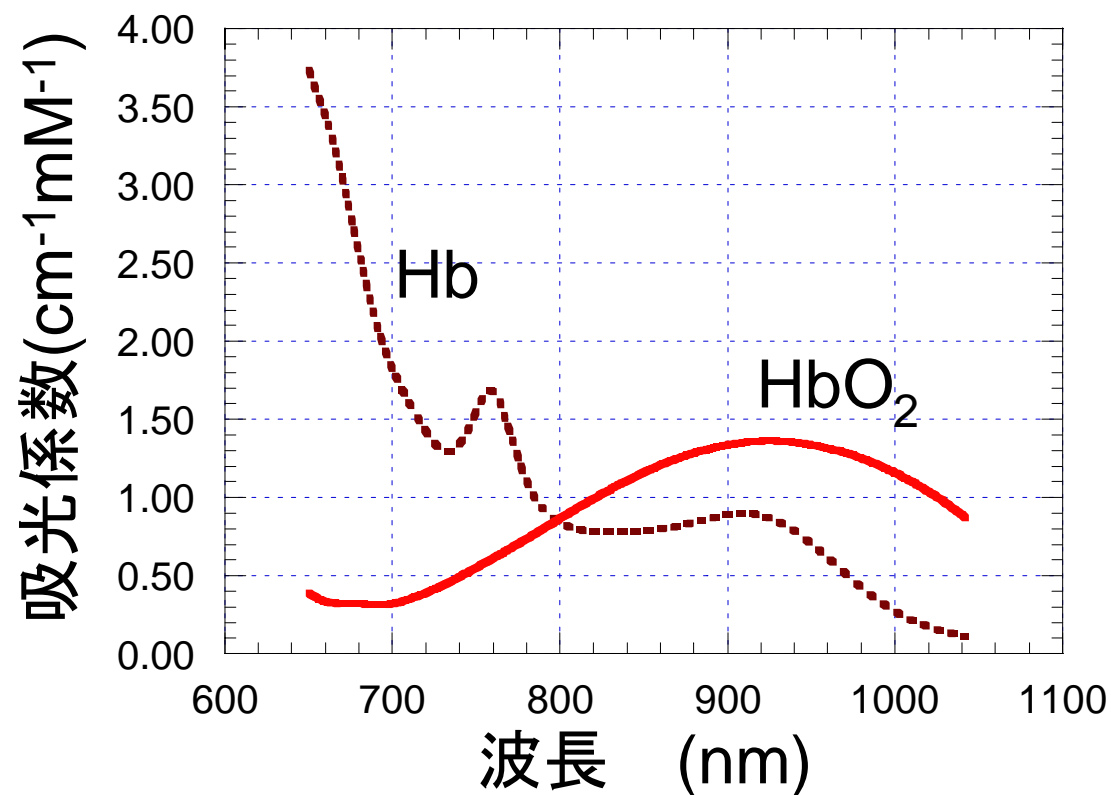
1. 原理と概念
2. パルスオキシメータ
3. OCT (Optical Coherence Tomography)
4. 酸素モニター
5. 光マッピング (Optical Mapping)
6. 拡散光トモグラフィー (DOT)
7. 血糖値測定

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

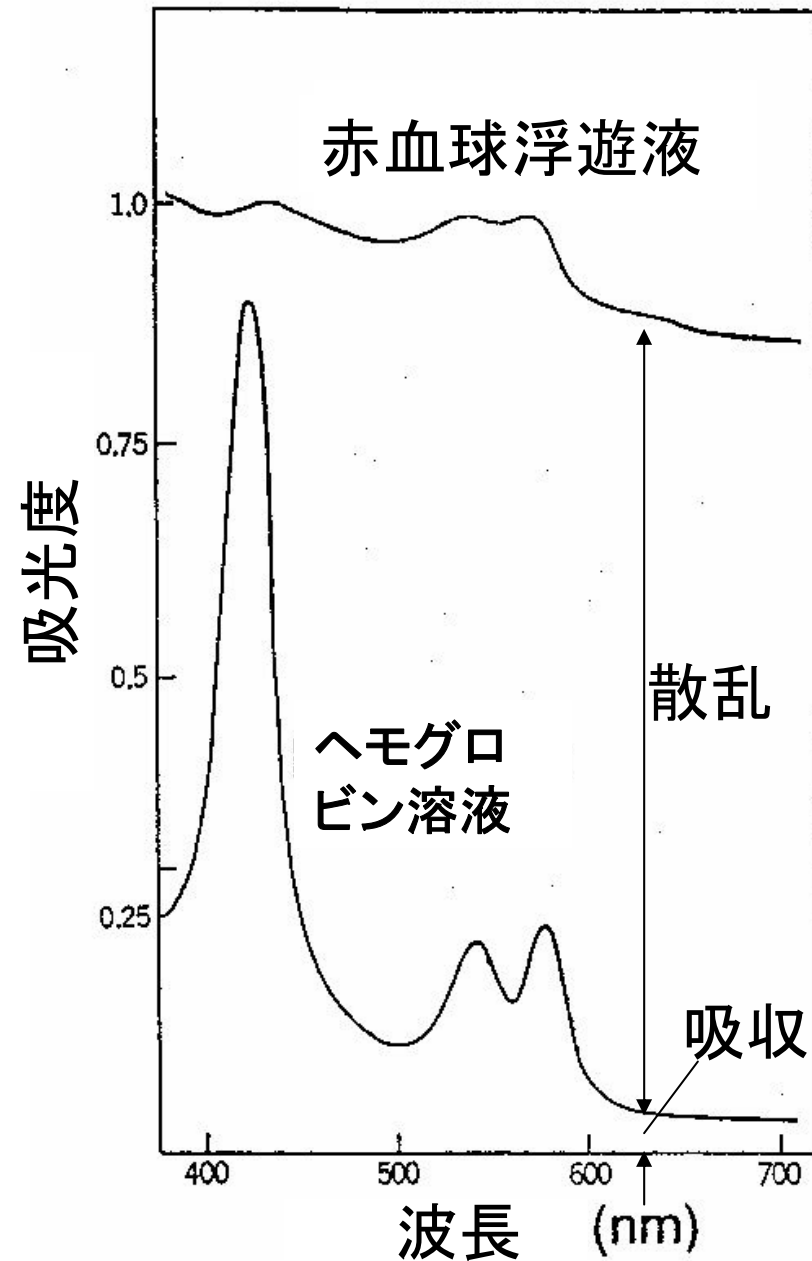


色を測定
↓
酸素飽和度

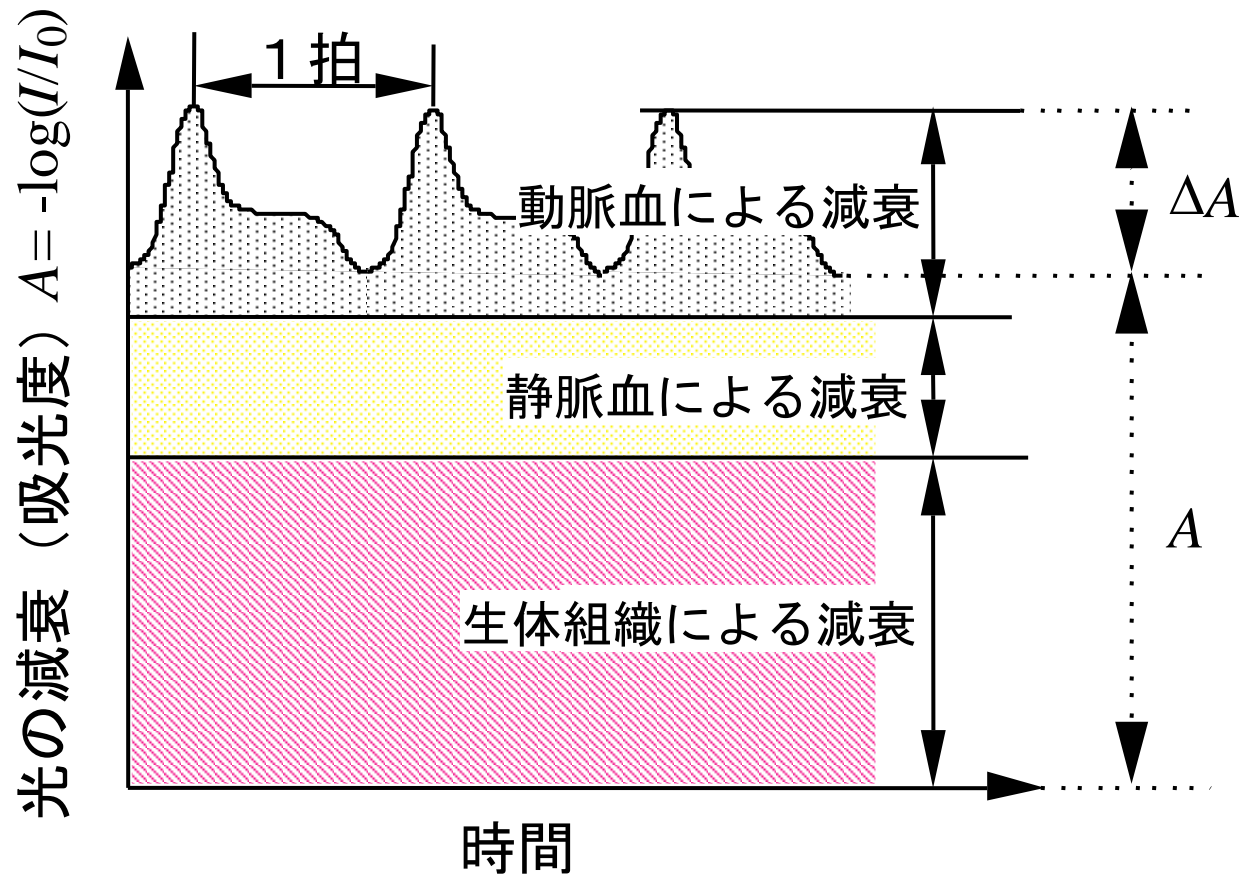
強い光散乱

近赤外光に対し
散乱 \gg 吸収

$$\mu_s \gg \mu_a$$

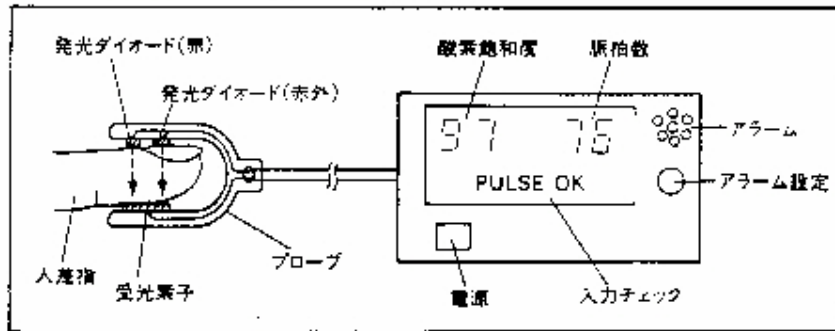


2. パルスオキシメータ

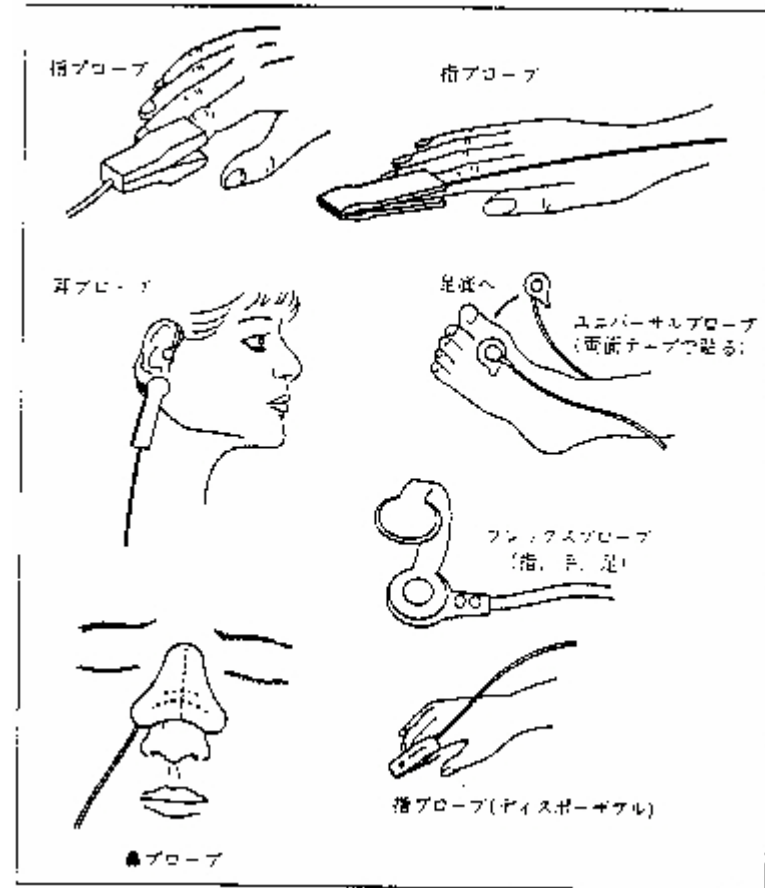


青柳卓雄(1964)

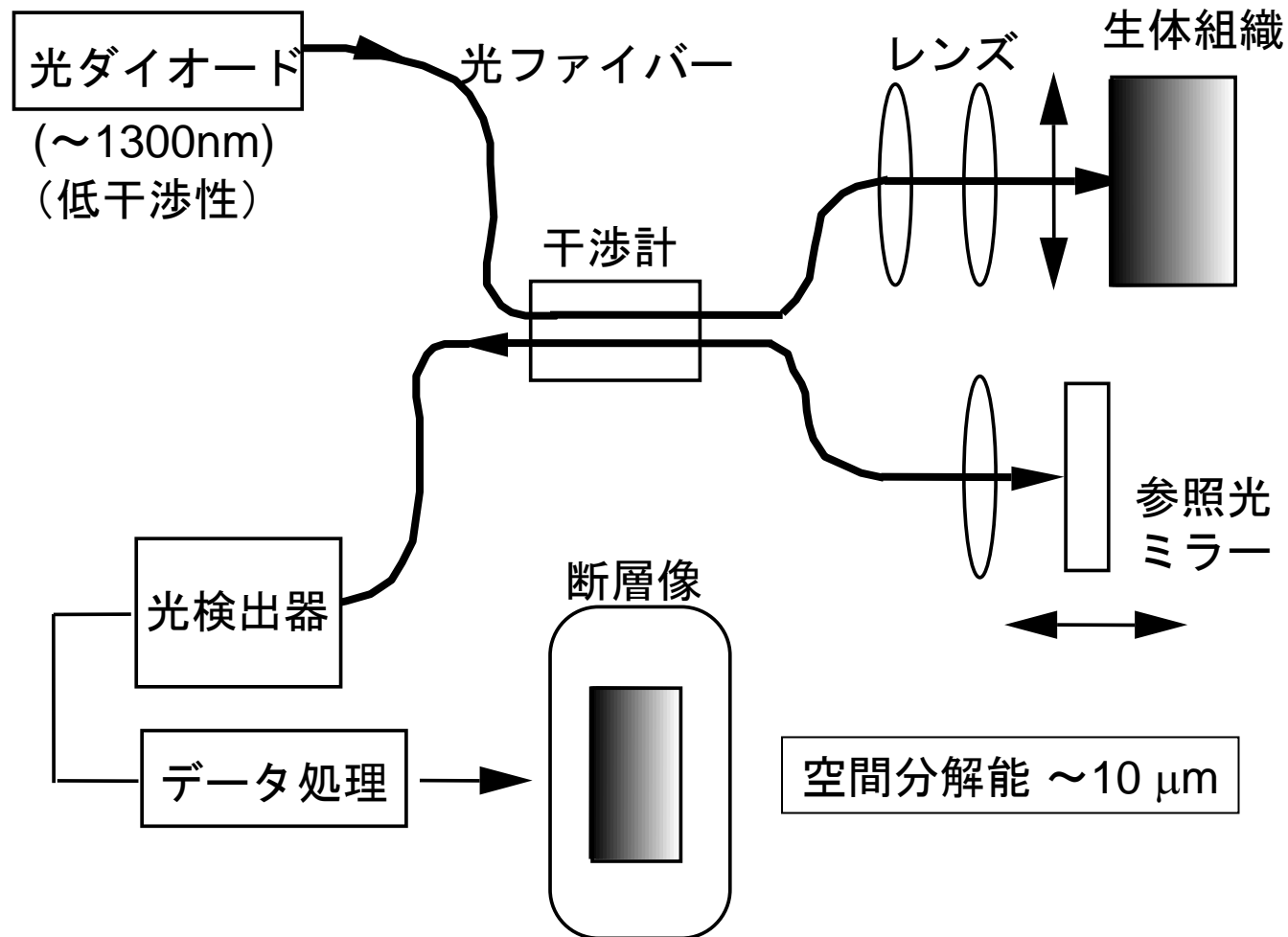
パルスオキシメータ



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

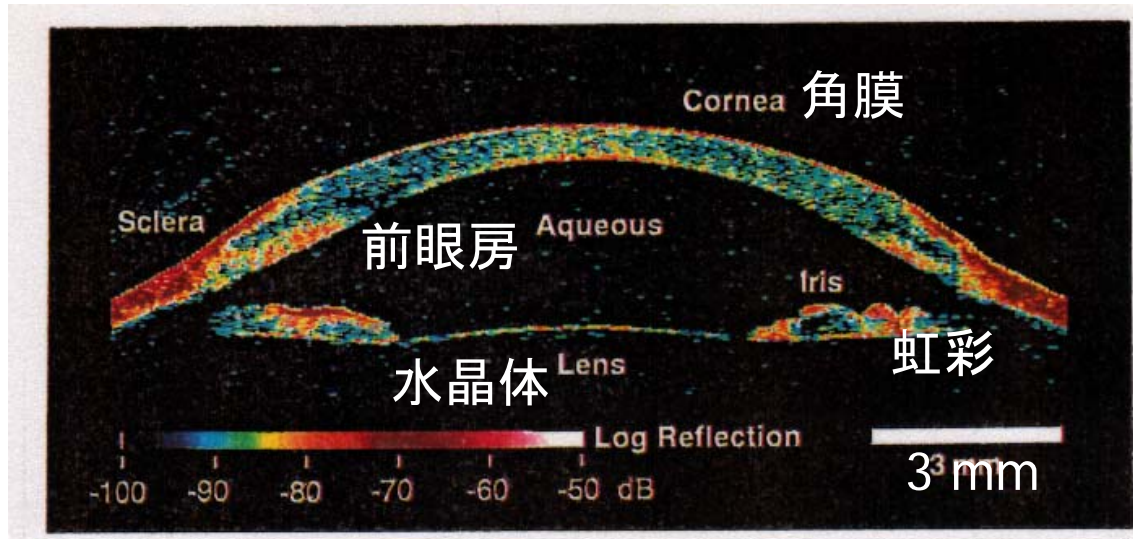


3. OCT (Optical Coherence Tomography) (光干渉断層画像)

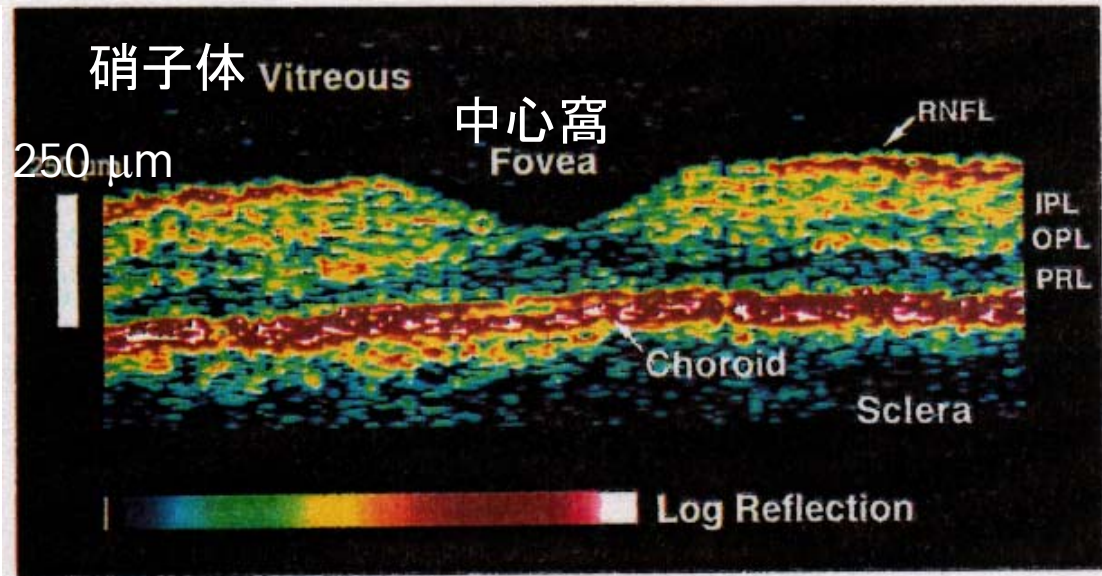


OCT画像の例

角膜
近傍



網膜

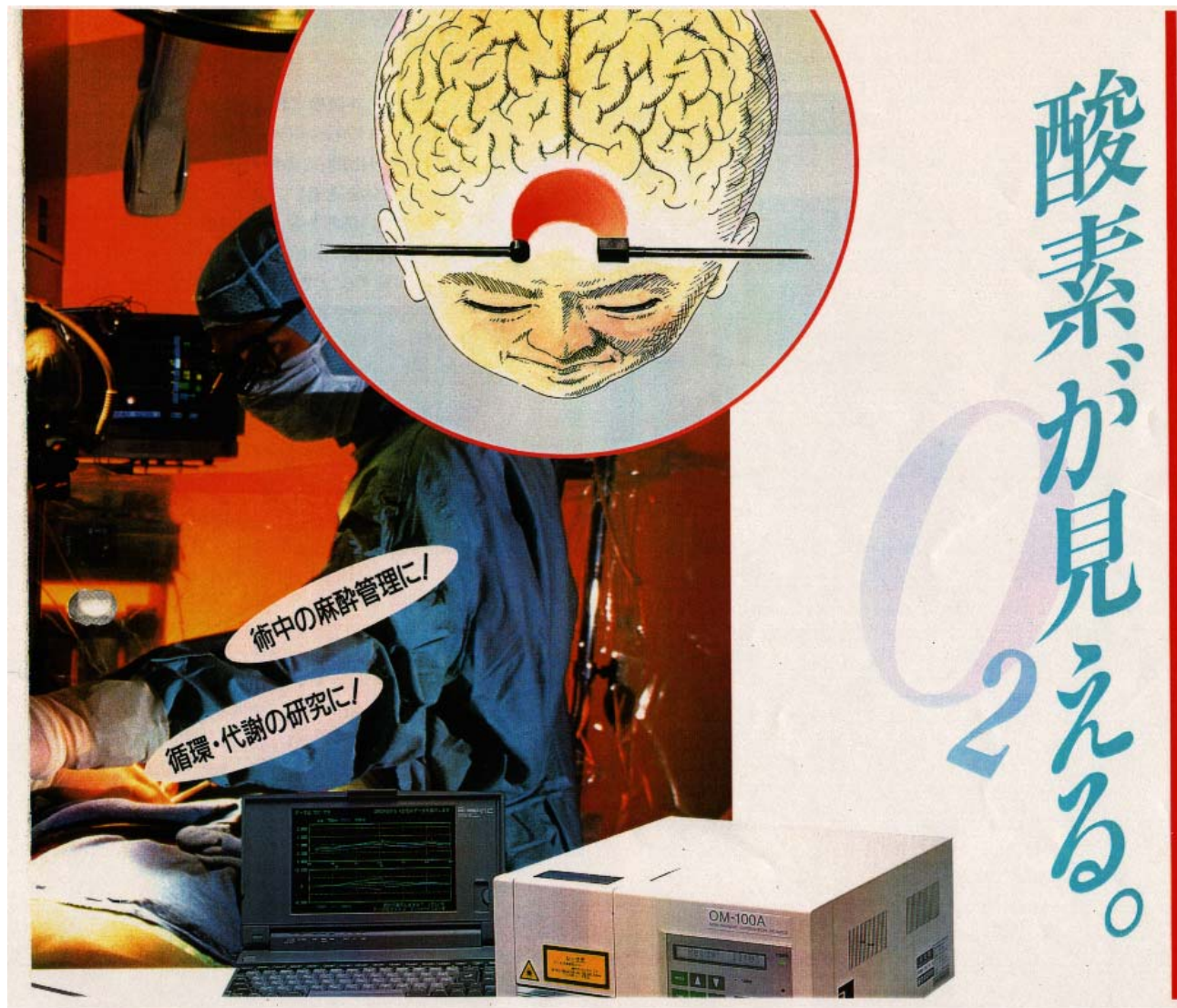


- ・超音波よりも10倍以上の分解能
- ・観測深さは数mmが限度

- ・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

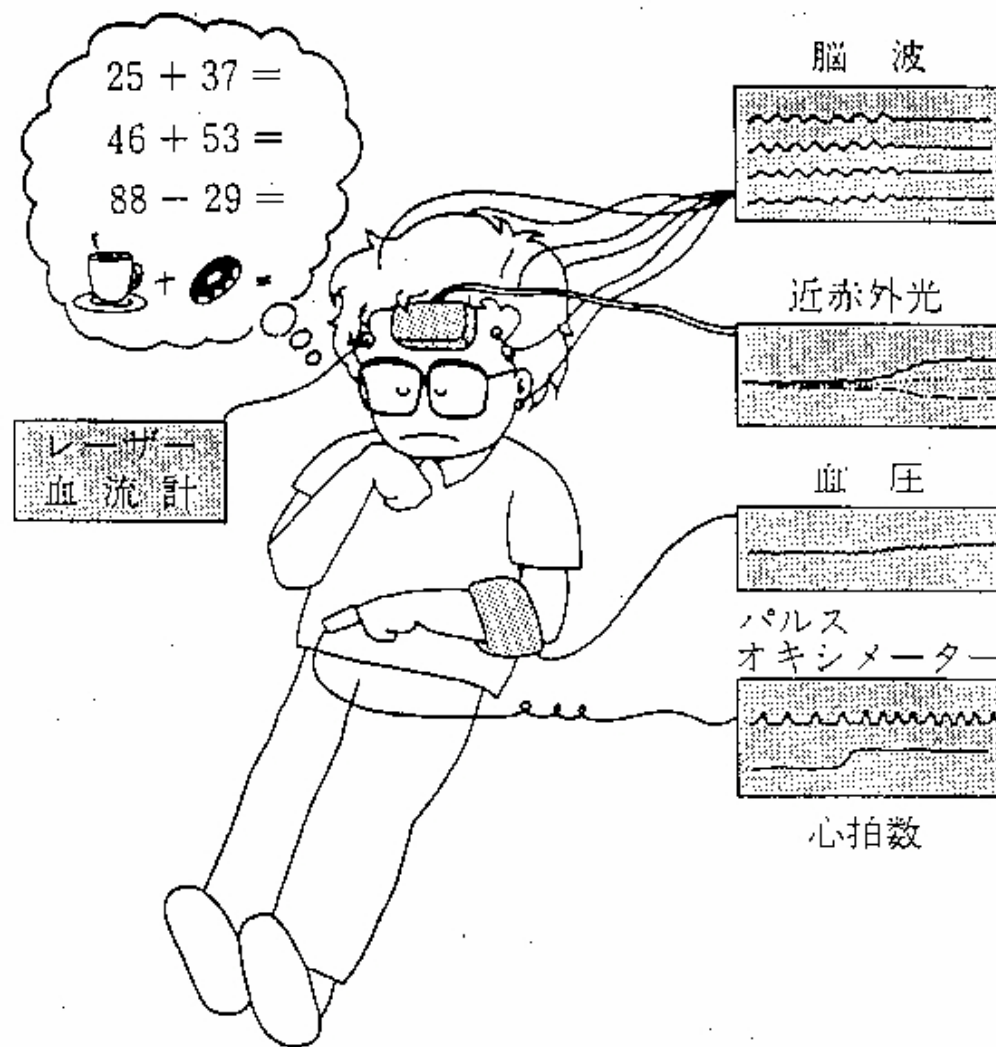
Izatt, et al.,
SPIE Press (1993)

4. 酸素モニター



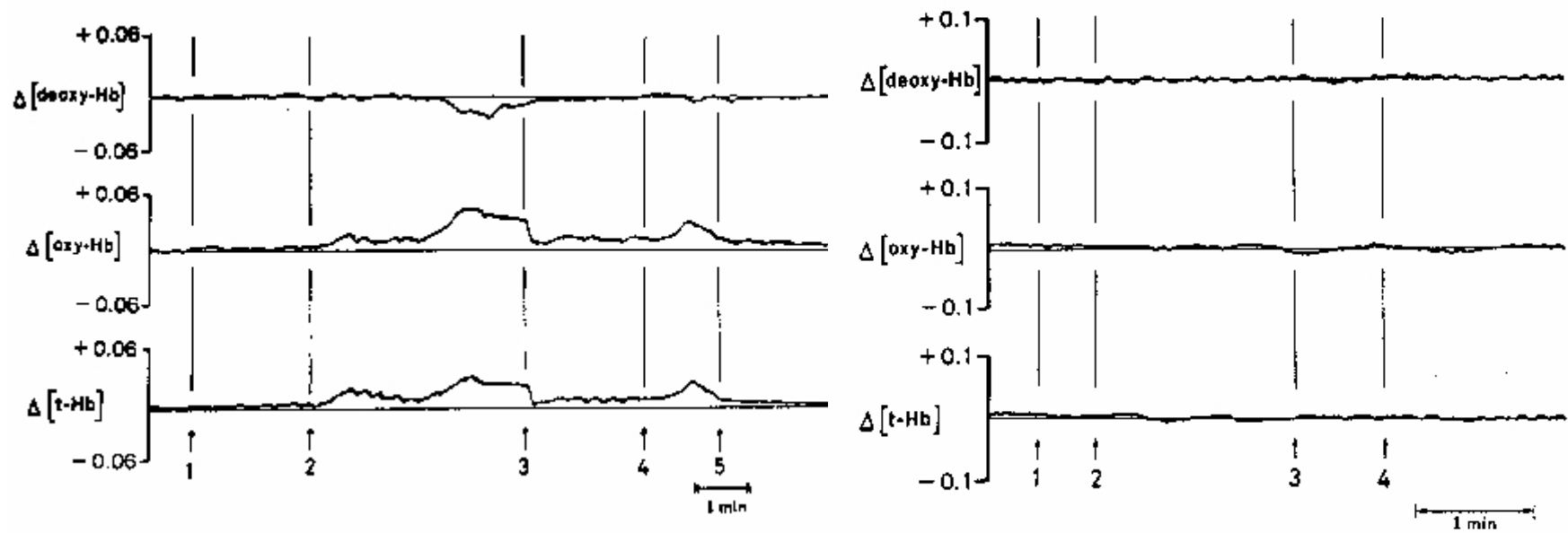
組織の平均的な酸素化状態の変動

脳活動モニタリング



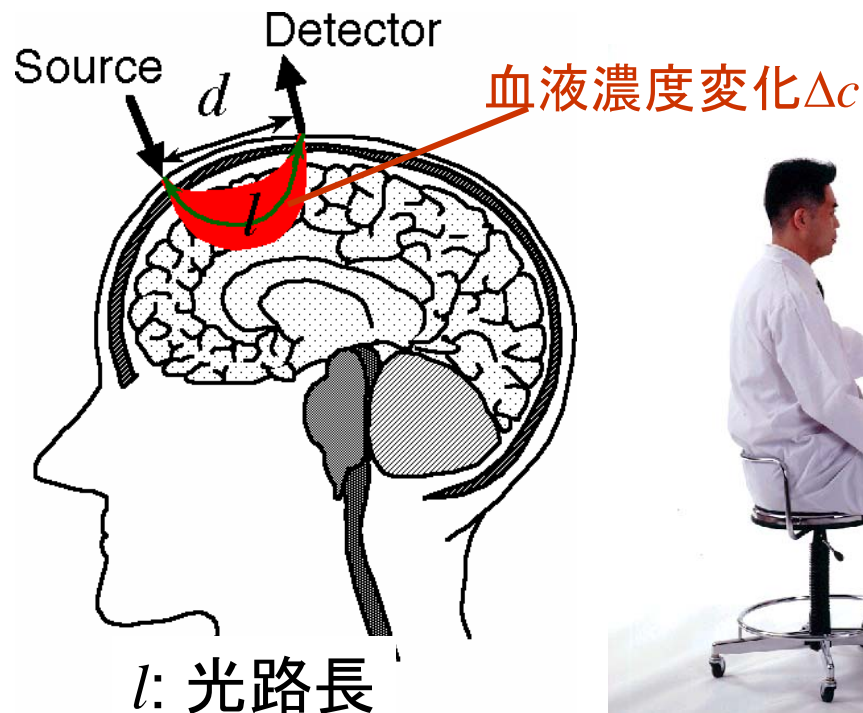
北海道大学
田村 守研究室

前頭前野の活動



Hoshi and Tamura, Neuroscience Letters (1993)

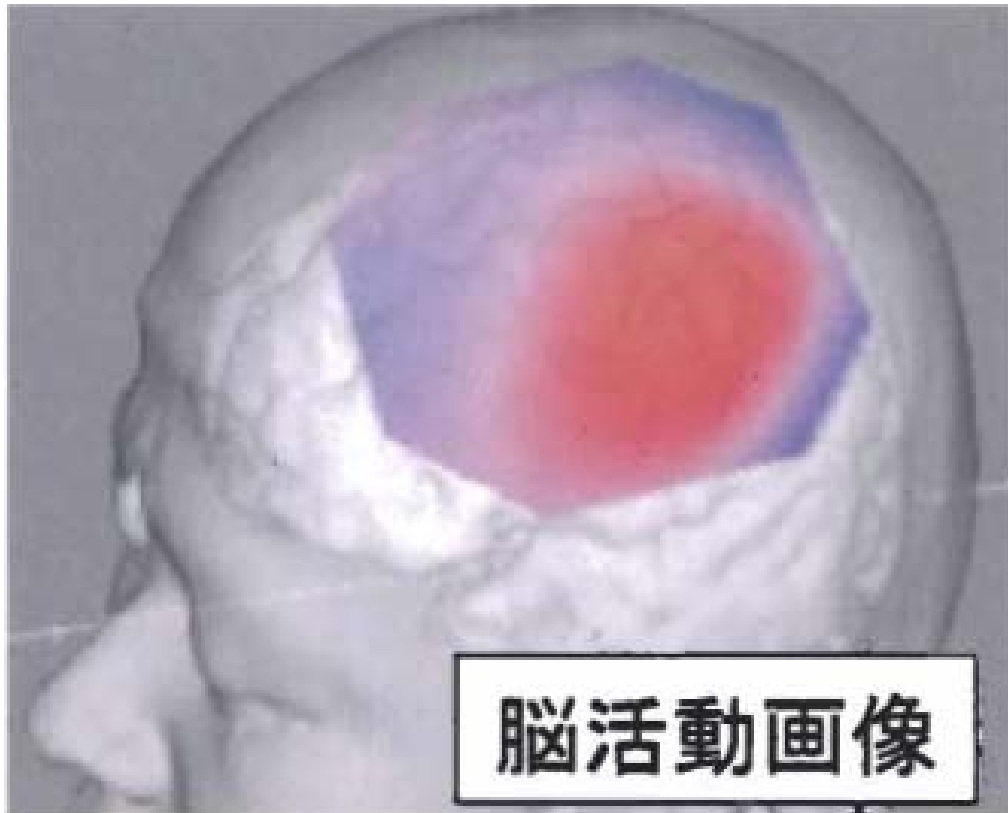
5. 光マッピング (光トポグラフィー)



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

(株)日立製作所提供

光トポグラフィー画像



長所

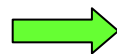
- ・時間応答が速い
- ・比較的自由的な姿勢で計測

短所

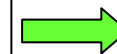
- ・脳の深部は見られない
- ・個人間の比較ができない

(株)日立製作所提供

連続光: $\Delta c \times l$ (分離不可)

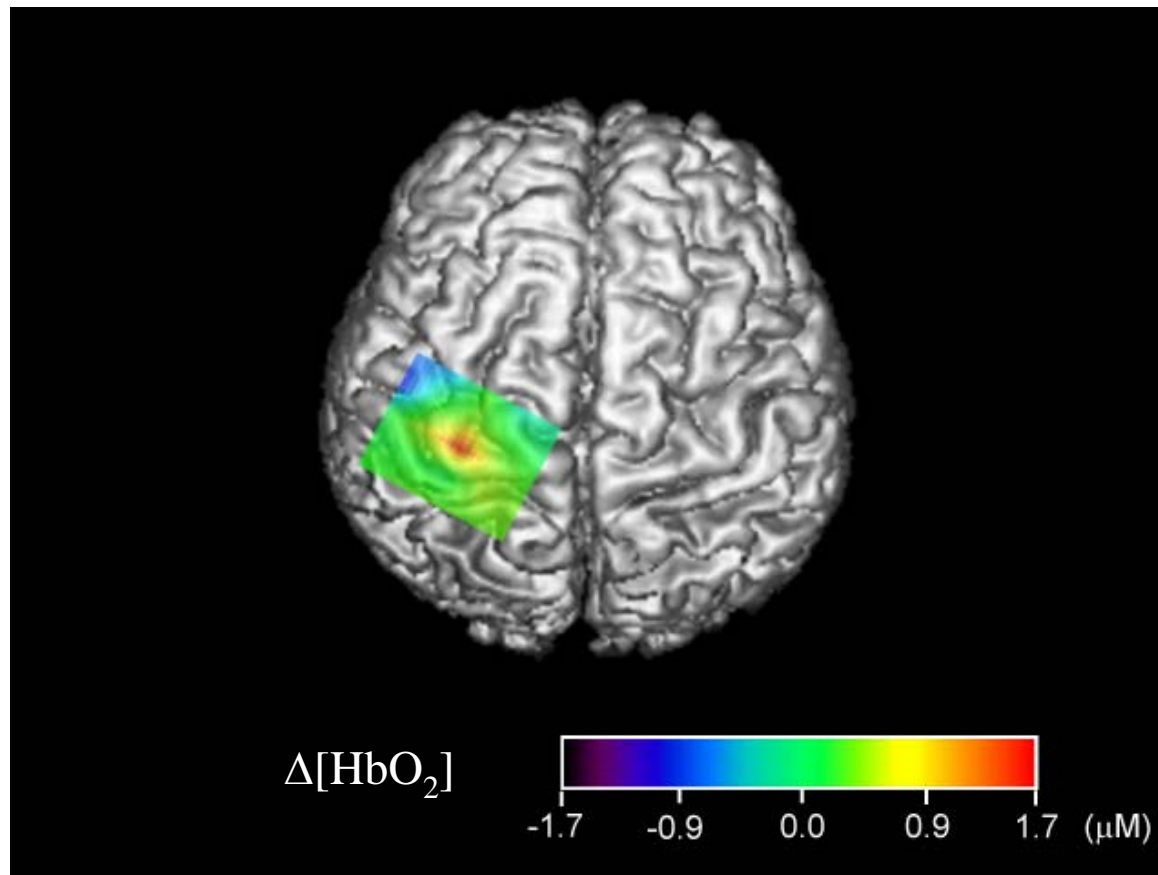


定量性に課題



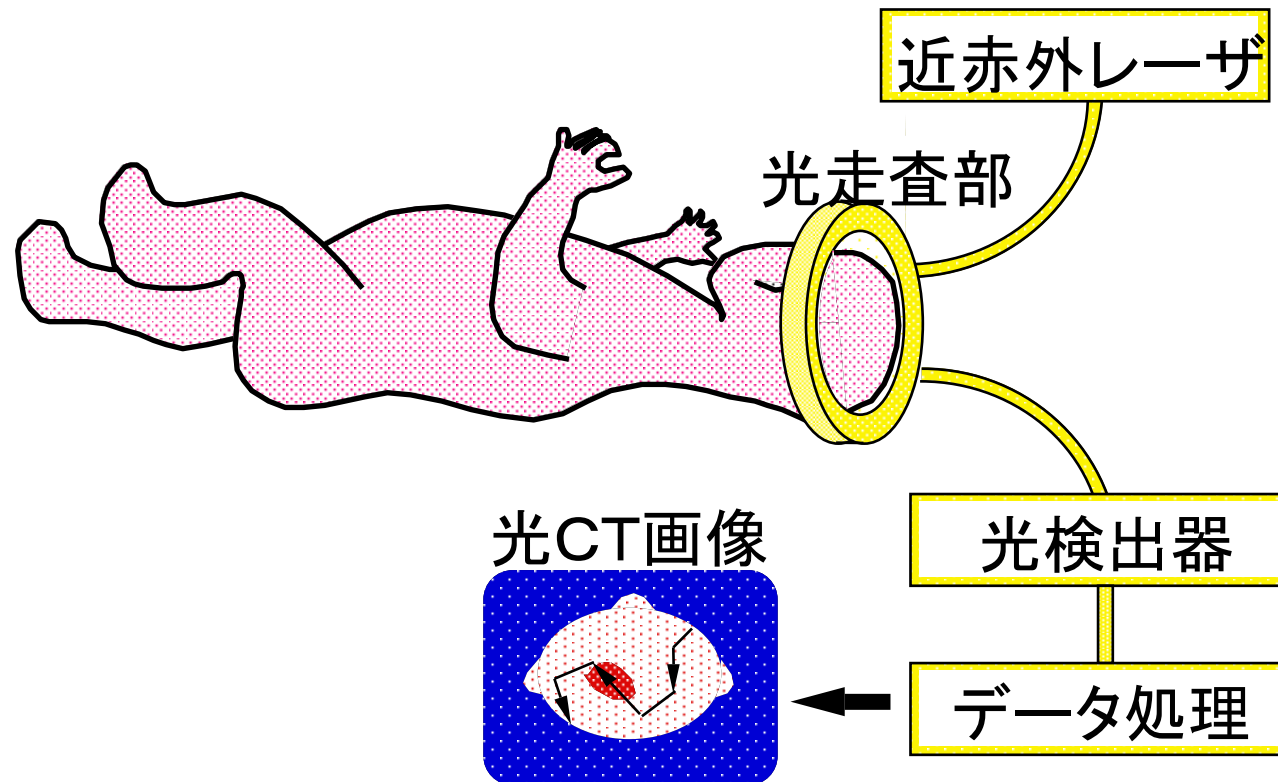
個人間の比較不可能

時間分解法による光マッピング

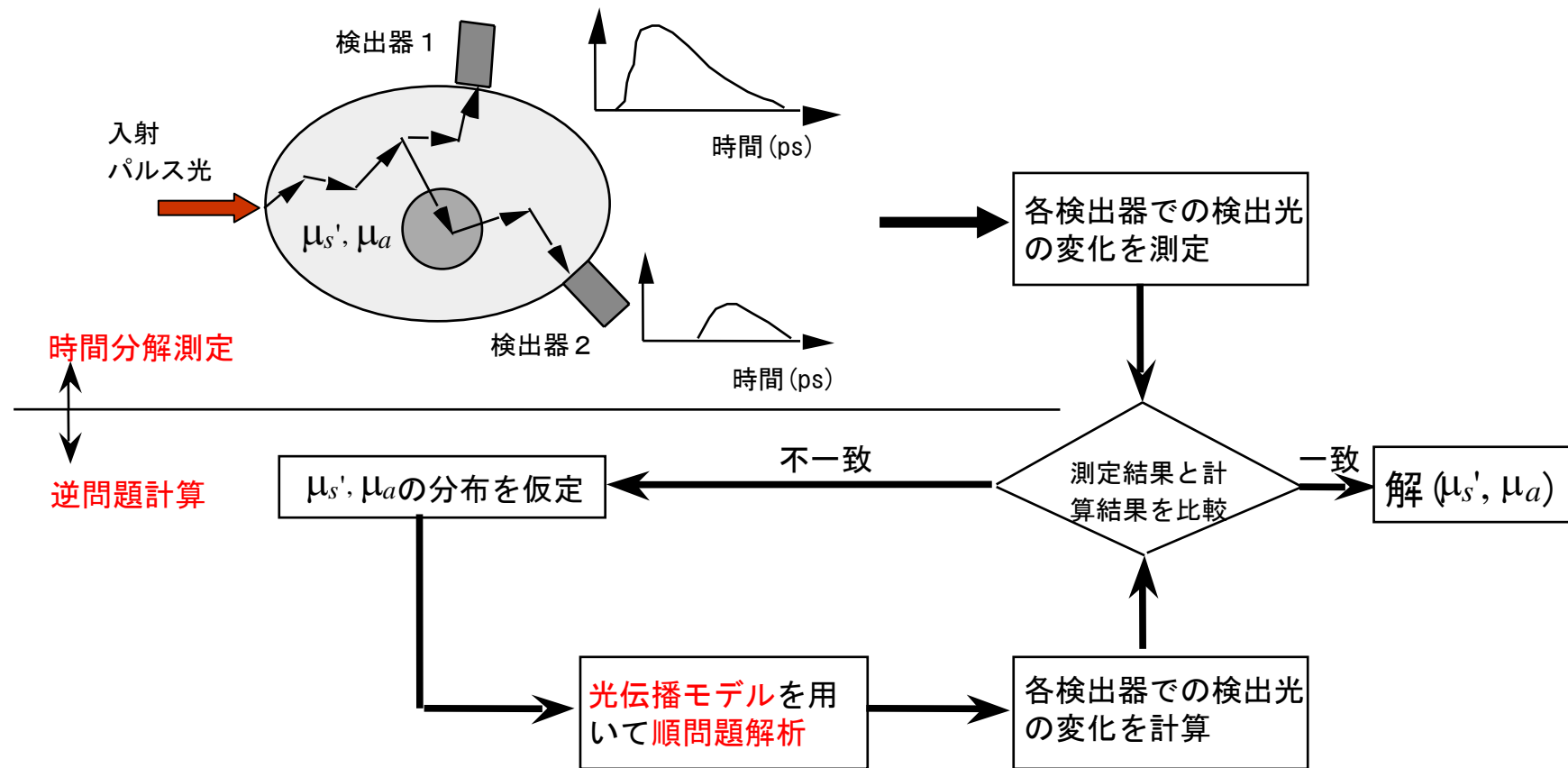


$\Delta[\text{HbO}_2]$ 画像をMR画像に重ねた.
右指タッピングで左運動野が活性化.

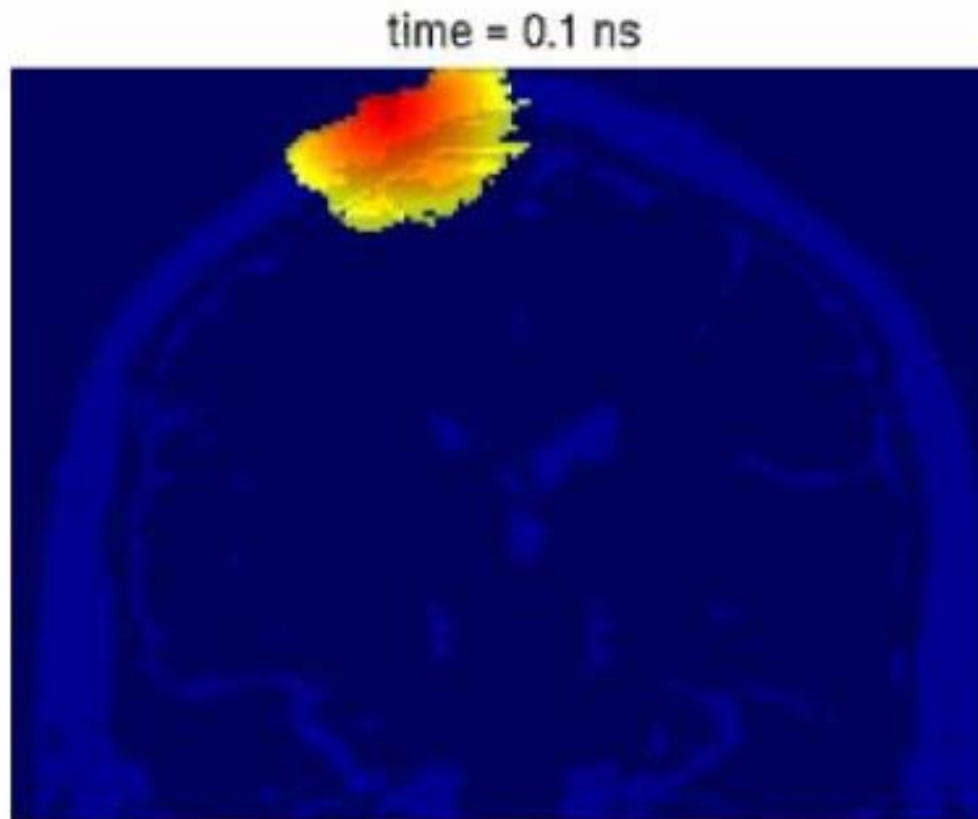
6. 拡散光トモグラフィ（光CT）



アルゴリズムの概念



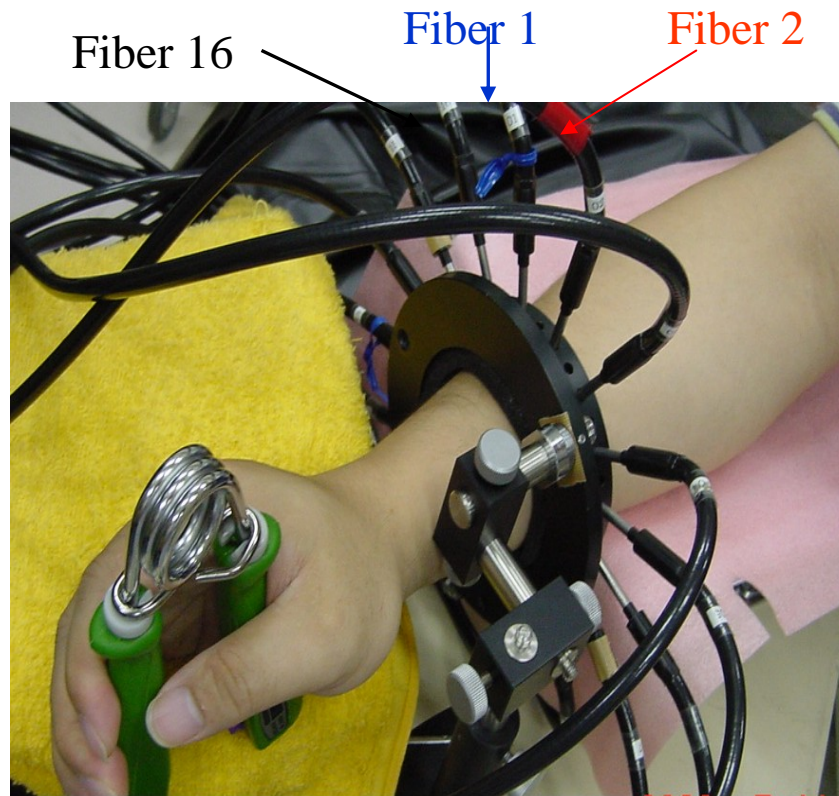
頭部内の光伝播シミュレーション



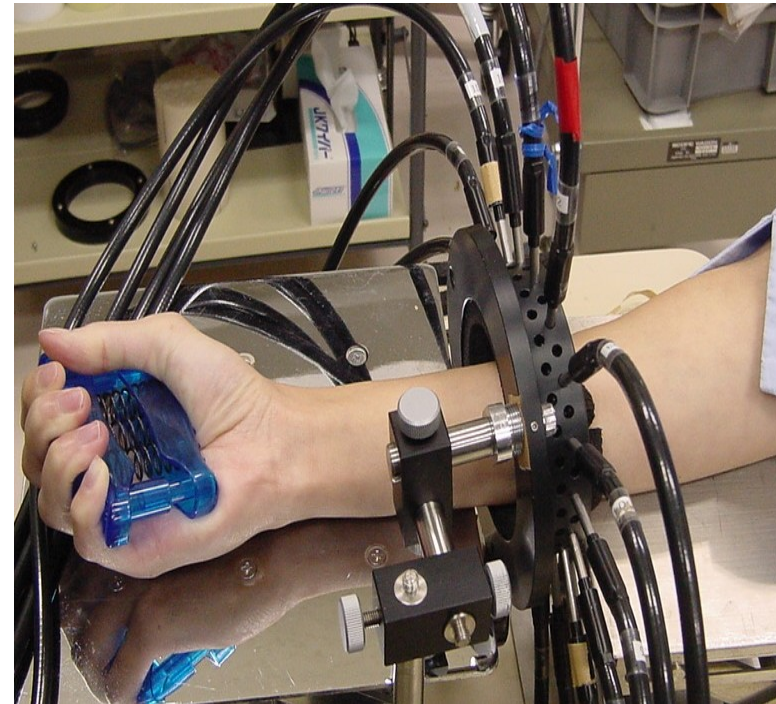
Boas et al.,
Opt. Exp., (2002)

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

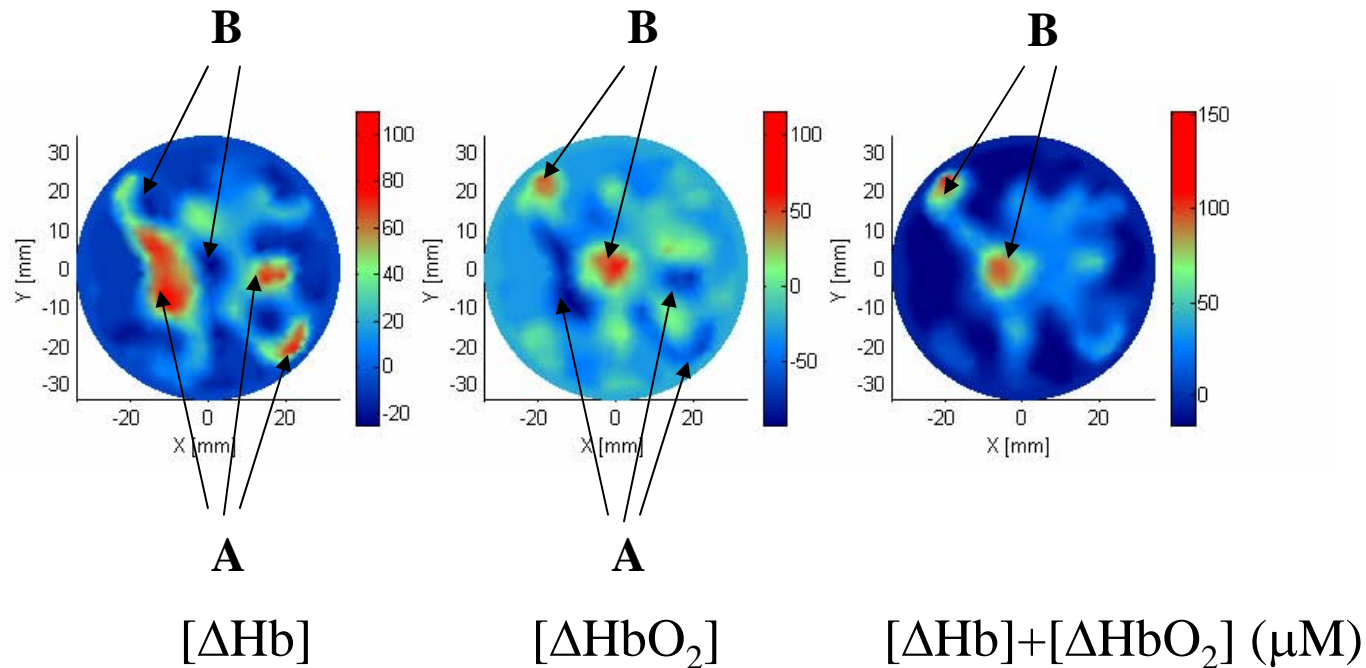


Subject C

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



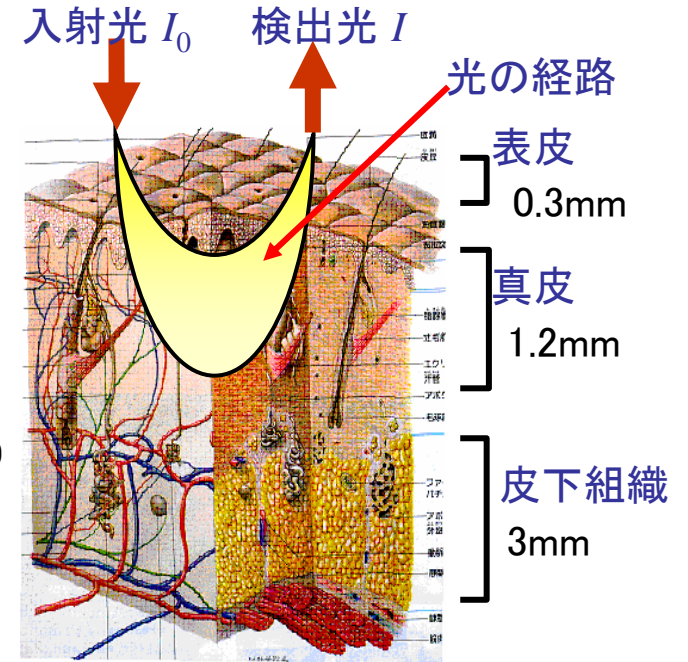
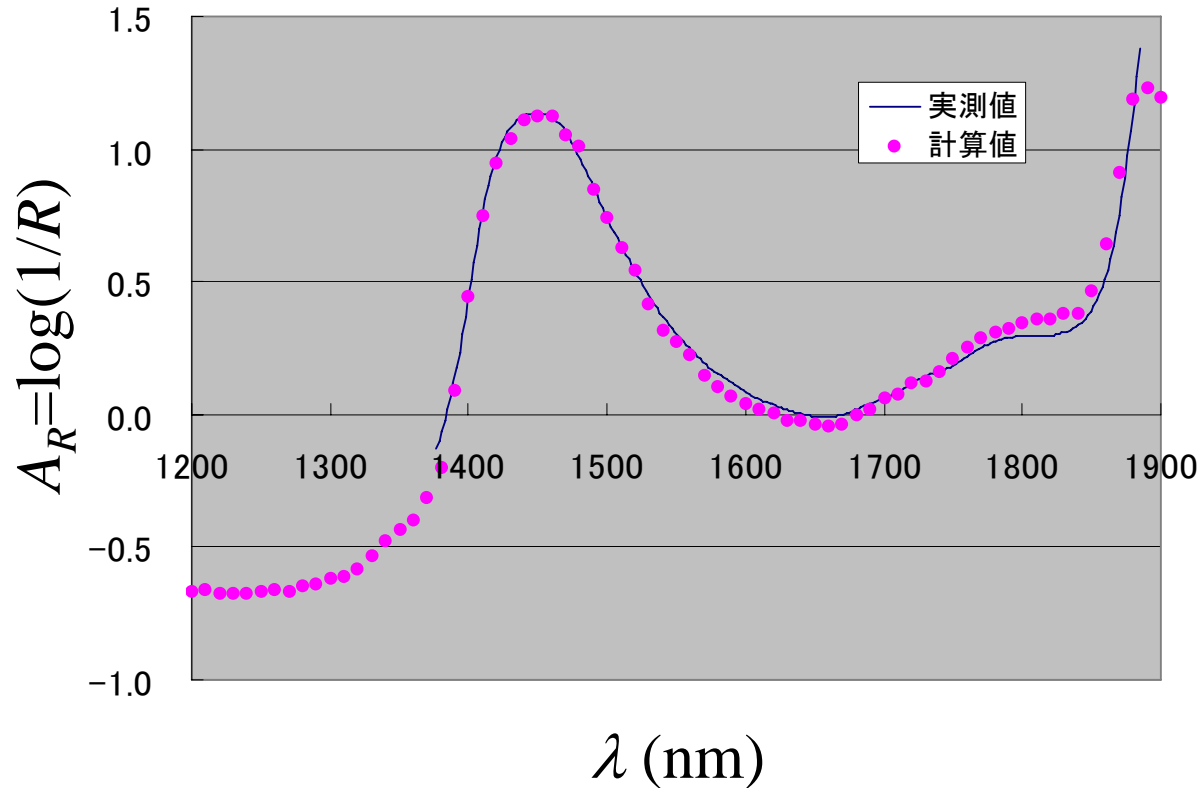
Regions A: $[\Delta\text{Hb}] > 0$ and $[\Delta\text{HbO}_2] < 0$, (筋肉)

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

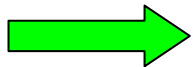
7. 非侵襲血糖値測定

- ・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

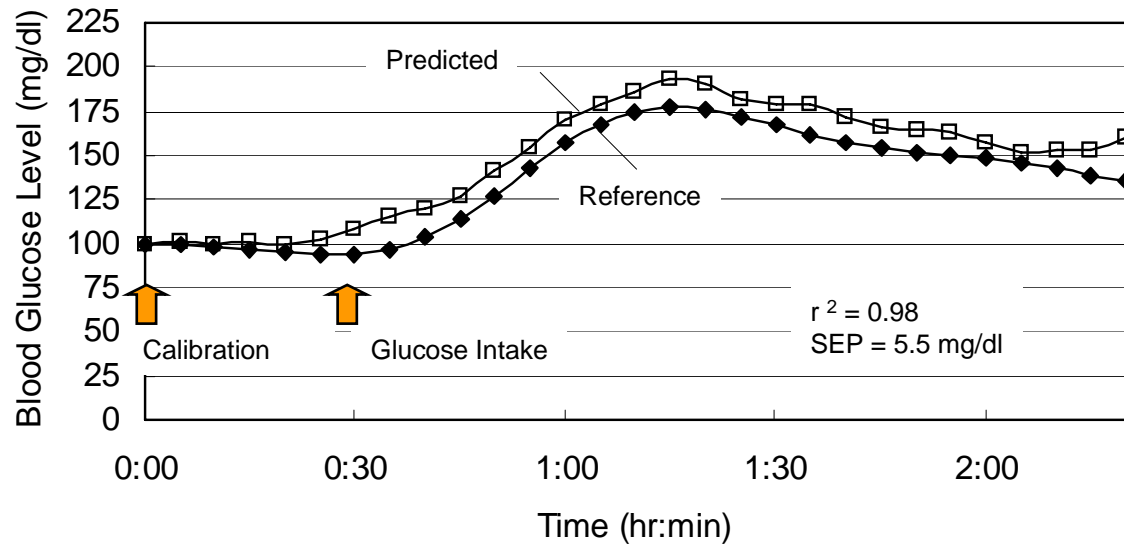


各種外乱要因の影響を推定

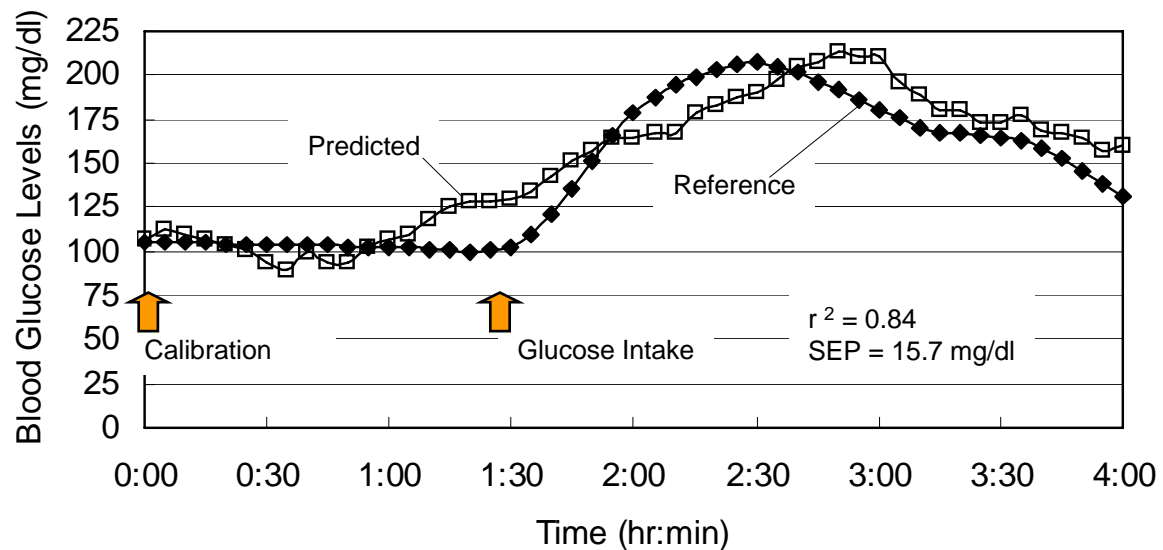


事前実験なしに検量関数を作成

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

