

COE 装置 (脳酸素交換機能マッピング) —酸素交換波動方程式の応用—

1. COE 装置

意識は測定できるか？質量を持つのか？粒子なのか？波動なのか？意識についていくつかの生命科学上の疑問がある。脳に起こる意識の変化を、酸素交換機能により非侵襲に経時的に定量する COE (Cerebral functional mapping of Oxygen Exchanging) の原理と技術を開発したので紹介する。COE は、ヒトの頭皮上から 1~2cm 離れた頭蓋骨下の脳皮質を光照射で選択して、静脈成分を排除して毛細血管内の酸素交換機能を「酸素交換度」で定量する技術である。

COE 装置には、「光機能画像法原理」(1991 年)と「酸素交換波動性原理」(2001 年)の二つの基本原理が不可欠である。いずれも Kato (筆者)により発見および発明された。酸素分子 (O_2) の大きさは $1.20 \times 10^{-10}m$ のナノレベル以下であり、脳毛細血管内酸素動態を計測できなかった。細胞の酸素消費と同期して O_2 は、毛細血管内から酸素供給として細胞内へ移動する。この酸素交換機能を計測し、酸素動態を波動反応として観察する技術が可能になった。

2. 光機能画像法原理

近赤外分光法では、異なる 2 波長以上の近赤外光を用いて、動脈から供給される酸化ヘモグロビン (HbO_2) と毛細血管内で O_2 を離した脱酸化ヘモグロビン (Hb) を計測できる。光機能画像法原理は、直進光でなく散乱・拡散光を照射し、頭蓋骨厚 5~10mm のカルシウムの壁を透過し神経活動に反応した脳内ヘモグロビン変化量を計測して、脳酸素交換部位を光機能画素と定義して画像化する技術である⁽¹⁾⁽²⁾。この発想の新規性は、散乱・拡散光照射では光子の軌道によって位置情報が決められないので、頭皮上に設置した光照射と受光素子の位置情報とその近傍の局所脳酸素交換反応のパターンから、1 光機能画素を定義して量子レベルの O_2 動態を計測できる点である (図 1)。

3. 酸素交換波動性原理

酸素交換反応は、毛細血管内で起こるが静脈内では起こらない。肺で行われる酸素交換は、 Hb が O_2 と結合して HbO_2 になる化学反応である。一方、

組織に O_2 を供給する毛細血管内では、逆の反応が起こる。しかし、毛細血管内の HbO_2 が O_2 を離さない「素通り」反応もある⁽³⁾。酸素交換波動性原理とは、酸素交換が化学粒子反応の側面と同時に、波動反応の二面性を持つことである。酸素交換波動方程式の理論構築から、 O_2 を利用する生体では、複数の赤血球と細胞とが毛細血管壁を隔てて、瞬時に調和されて量子力学的に O_2 移動を行っている仮説が成り立つ。

4. 酸素交換波動方程式の解釈

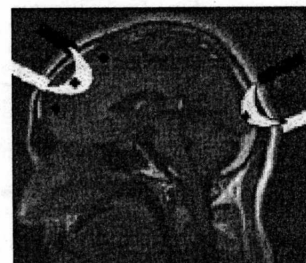
紙面の都合上、酸素交換波動方程式の簡略化した一部のみを記述する。波動関数 Ψ は、オイラーの公式から記述される (図 2)。光機能画像法原理によって、光機能画素の情報が、時間軸 t に対する HbO_2 変化量と Hb 変化量として得られる。この実測値から、波動位相 k 角と波動振幅 L 値が得られる。酸素交換度 k 角は、毛細血管内と細胞間で O_2 がどのように交換されたかを表す定量値の一つである。 k 角ゼロは HbO_2 の血管内素通り反応で、 k 角 $\pm \pi$ は最大酸素交換を示す。 k 角から、酸素交換しない静脈成分が排除される。

量子サイズの O_2 動態に依存する k 角には、量子力学が関与する。毛細血管径は $5\mu m$ 、赤血球径は $7\mu m$ であり、1 個の O_2 移動は約 7 万倍の大きさの赤血球を動かす計算ができる。ヘモグロビンの挙動に依存する L 値は、ニュートン力学が関与する。すなわち、酸素交換波動方程式は、虚数と実数の両次元に関連し、量子力学とニュートン力学の積として表されている。COE 装置は、虚数次元も関与する酸素交換波動反応を実測できる。

5. 虚数次元生命科学の誕生

毛細血管と細胞間の酸素交換マイクロマシーン (図 3) では、数学者オイラーが顔を出し、ニュートン力学と量子力学が波動と虚数によって統一的に作用している。かつて、量子力学において実在論を最後まで主張したアインシュタインとシュレーディンガーは、量子の実在波を考えていたが、波動軌跡を示せなかった。酸素交換の波動軌跡は、虚数次元の関与した実在波そのものである。しかし酸素交換の波動性の解釈は、酸素交換波動方程式から理

照射と受光プローブを頭皮上に設置し非侵襲な近赤外光の利用
(前頭部と後頭部から選択的に光機能画素を計測すると、外的な光刺激には、後頭部の画素のみ酸素交換反応を示した⁽¹⁾。)



光機能画素の定義



脳酸素交換部位

プローブの位置情報と計測対象の反応を利用して局所脳酸素動態を計る。

図 1 光機能画像法の原理

- ① 酸素交換化学反応式
酸素交換反応 $HbO_2 \rightarrow Hb + O_2$
酸素素通り $HbO_2 \rightarrow HbO_2$
- ② 酸素交換波動方程式
波動関数
 $\Psi = f(t) \cdot g(t) = L \cdot e^{\pm ik} = L(\cos k \pm i \sin k)$ (1)
波動振幅
 $L = f(t) = [(\Delta HbO_2)^2 + (\Delta Hb)^2]^{0.5}$ (2)
波動位相 (酸素交換度, k 角)
 $g(t) = e^{\pm ik} = \cos k \pm i \sin k$ (3)

図 2 酸素交換波動反応と化学反応の 2 面性

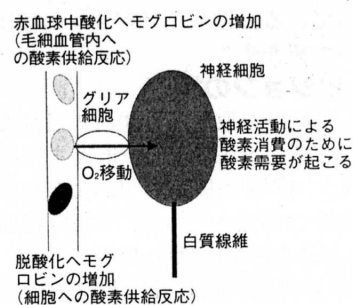


図 3 酸素交換マイクロマシーン内の量子力学的酸素移動モデル

解を進める以外にはないだろう。今後の虚次元生命科学の進歩が望まれる。

(原稿受付 2005 年 9 月 6 日)

[加藤俊徳 (社) 福祉社会研究所]

●文 献●

- (1) Kato, T., *International Congress Series*, 1270 (2004), 85-90.
- (2) 加藤俊徳, COE (脳酸素交換機能マッピング) —光機能画像法原理の利用—, 小児科, 46 (2005), 1277-1292.
- (3) 加藤俊徳・ほか, 脳と障害児教育, (2005), ジアース教育新社, 東京.