

人体からのフォトン放射

Spontaneous Photon Emission from Human Body

宇佐 史^{*1} 稲場 文男^{*1,2}
Masashi USA Humio INABA

要旨

生物フォトン発光は、生物界において普遍的な生命現象の一つであり、ミクロ～マクロの生体系がきわめて微弱な光を自発的に放つ現象の総称である。これまで筆者らは、通常肉眼では検知できない生物フォトン発光を、高感度に、かつ定量的に捕捉する手法を研究し、種々の計測・分析システムを開発してきた。また、それと同時に、ヒトや動植物の細胞や組織、臓器・器官、さらには生体全体やその局所といったさまざまなレベルを対象として、生物フォトン発光の諸特性の把握に努めてきた。本文では、人体、とくにその体表面において非侵襲的に計測可能な生物フォトン発光について、これまでに得られた知見の概要を報告する。

Living organisms spontaneously emit an extremely weak form of light often referred to as biophoton emission. In the present study, we report the measurement and characterization of biophoton emission from the surface of human body under various physiological conditions. Our experimental results suggest that biophoton emission carries valuable biomedical information on the states of the human body. The potential usefulness of biophoton emission as a noninvasive means for diagnostic purposes is also explored.

Key words : Ultraweak light emission, Biophoton emission, Single photon counting, 2-D imaging, Acupuncture points, Qi-gong, Thyroid glands

はじめに

生物フォトン発光（または生体極微弱発光）とは、「生きている状態」にある生体系がきわめて微弱な光を自発的に放つ現象の総称であり、人体の場合も例外ではない。したがって、発光の特性やメカニズム、種々の生理的状態との相関性といった「生物フォトン情報」の意味・内

容を明らかにすれば、その新たな知見やノウハウを、健康の管理や病気の診断・治療に役立せることも可能になるのではないかと思われる。いまだ研究の歴史も浅く、不明な点が数多く残されている現状ではあるが、本文では、筆者らがこれまでに人体表面において観測した生物フォトン発光の諸特性[1～6]を、取りまとめて報告する。

1. 対象と方法[1～6]

人体表面でのフォトン放射計測は、通常露出できる部位であれば、たとえば額や顔面、背、腹、手、足など、身体のどの部位において也可能である。しかし被験者の年齢、性別、身体状

*¹ 生体光情報研究所(〒990 山形市大字沼木字車の前 683) : Biophotonics Information Laboratories.

*² 東北工業大学

論文受付：1994年9月29日

最終稿受付：1994年11月24日

態の相違など留意すべき事項は数多い。したがって、常に「無侵襲な生体計測」を念頭に置き、可能な限り被験者にストレスを与えることなく的確に情報を抽出できる技術の確立を目指す必要がある。

筆者らは、実験設定の容易さと組織の解剖学的な構造・機能などを考慮した上で、掌と甲の局所および指先を第一の測定対象とした。被験者の手とそのホルダーおよび光電子増倍管(PMT)の基本的な位置関係をFig. 1に示す。測定前の準備はどの被験者も同様に行うが、まず手全体を十分に洗浄し乾燥させてから、計測装置試料室内のホルダーに設置する。測定中に被験者が多少腕を動かしても問題がないように、暗幕などを用いて完全に遮光する。その状態で数分間発光の様子をモニターし、発光強度のレベルがある範囲内で安定した時点で実際の測定を開始する。これは、測定データへの遅延蛍光の混入を避けるためである。

通常の発光強度の測定(紫外から近赤外域)では、波長範囲として①160～650 nm、②

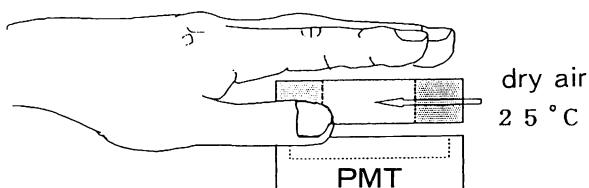


Fig. 1 An example showing the configuration of the hand and the detector.

160～850 nm および③300～900 nm をカバーする数種類の光電子増倍管(浜松ホトニクス社製、①R 331 または R 585、②R 375、③R 1333など)を目的に応じて使い分けている。各種測定装置の本体(新技術事業団・稻場生物フォトンプロジェクト製)は、人体計測用として種々の改良を加えた極微弱生物フォトン計測装置、差分フィルター方式光子計数型発光スペクトル分析装置および2次元発光パターン計測・解析装置(浜松ホトニクスの2次元光子増倍計数管を使用、波長範囲：約280～850 nm)などである。それぞれの装置や手法の詳細などについては、本特集に含まれている筆者らのもう一つの報文およびその引用文献を参照願いたい。

2. 一般的特性[1～3, 6]

1) 発光強度の日内変動[1, 6]

Fig. 2のグラフは、左手甲の局所(人差し指、中指、薬指を含む領域)における発光強度を、約4日間にわたってほぼ2時間ごとに測定した結果である。被験者は24歳の健康な男性で、日頃の生活サイクルは典型的な夜型である。実験の期間中、夜間の睡眠が断続的になることを除いては、通常に近い生活を営むという設定で計測を行った。用いた光電子増倍管は、R 331である。

図中の*印は、どちらも約30分間の運動(テニス)を行った時点を示しているが、被験者が活動している時間帯は、発光強度のレベルが比

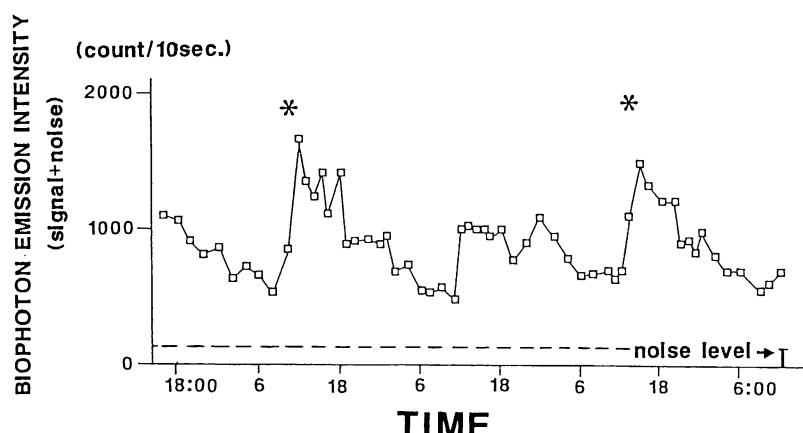


Fig. 2 A time course of biophoton emission from the hand of a male subject.

較的高い状態で推移し、休息や睡眠をとっている時間帯では逆に低くなるという傾向が認められる。また発光強度の谷の位置の繰り返しに注目すると、およそ 26 時間前後の周期的な変動が観測されている。これがサーカディアンリズムであるか否かを検証するためには厳密なフリーラン実験を必要とするが、興味深いことに、他の複数の健常な被験者においても(発光強度の上限や下限、平均レベル、運動負荷に対する応答性などに個人差はあるが)類似の挙動が確認されている。

2) 発光強度の 2 次元分布 [2, 3, 6]

Fig. 3 a に示した 1 例は、健康な被験者(34 歳、男性)の、左手の親指を除いた 4 指の腹側を視野に入れて 2 時間測定し、背景雑音レベルを生のデータからある程度差し引く画像処理によって得られた 2 次元発光パターンである。理解しやすくするためにドットで表示した発光分布が、手指の位置(上から順に人差し指、中指、薬指、小指)を示すための写真上にスーパーインポーズされている。この発光パターンには明らかに発光分布の偏りが認められ、とくに中指の付け根から指先までの全域と、人差し指の付け根および指先の部位が比較的強い発光を呈して

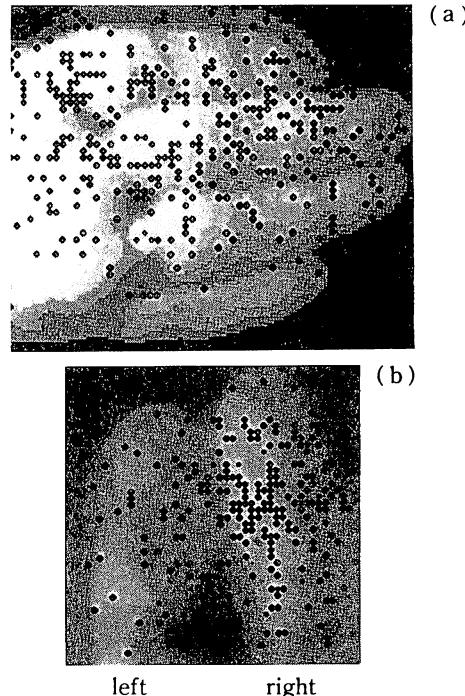


Fig. 3 (a) A biophoton image from the palm and fingers. The emission pattern represented by the dots is overlaid on the photograph of the left hand, (b) a biophoton image from the left and the right index fingers.

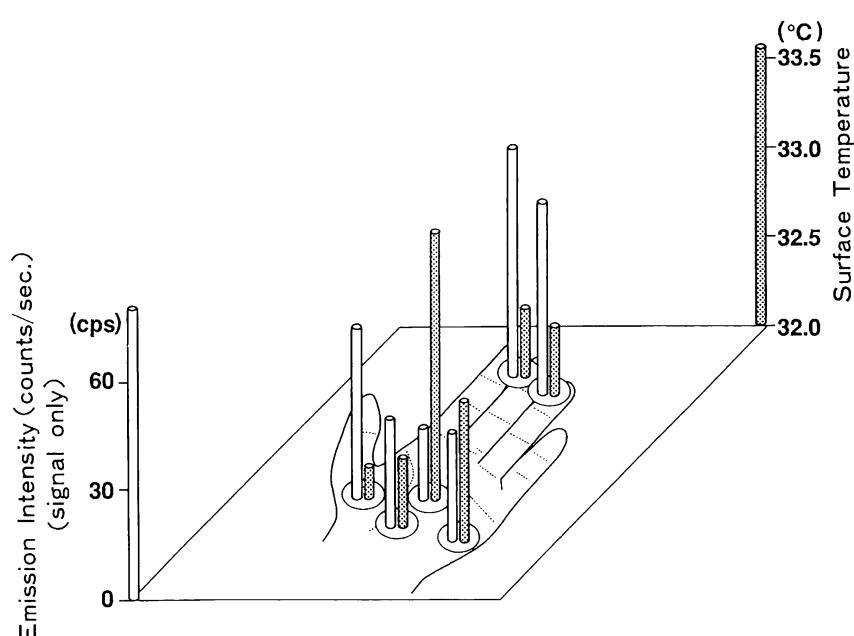


Fig. 4 Distribution of biophoton emission intensity and surface temperature on the left hand palm.

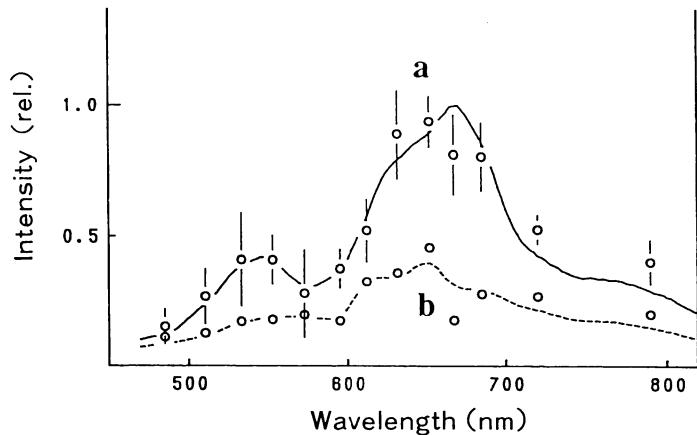


Fig. 5 Spectral distribution of biophoton emission from the tip of the right hand middle finger while the subject was (a) awake and (b) asleep.

いる。

一方, Fig. 3 b は, 左右の人差し指の背側で計測した発光パターンである。この例では, 右手人差し指の関節周辺から先の部位にまとまった発光が認められるが, やはり発光分布は均一ではない。これがいかなる理由によるのかという点は現在検討中であるが, たとえば被験者の左右の手の優位性との関連性や局在する経絡・経穴(ツボ)の活動状態との相関性の追究といった未踏の分野へのアプローチも可能であり興味深いと思われる。

体温や血流, あるいは汗・皮脂の分泌状態と発光の関連性に関して, 筆者らはまず, 発光強度と体表面温度の両者の2次元分布の相関性を検討した。Fig. 4 に, 年齢 24 歳の被験者(男性)の左手の各部位における発光強度と表面温度の測定値を模式的に示す。棒グラフで表示した発光強度と表面温度の値は, 直径 2 cm の測定野(図中の円)においてそれぞれ 15 回測定したデータの平均値である。

表面温度がもっと高い掌心の部位は, 逆に発光強度がもっと低い。それに対して指先に近い部位は, 表面温度がそれほど高くないにもかかわらず, かなり強い発光を呈している。つまり, 掌の表面温度の分布と発光強度の分布との間には, 必ずしも正の相関が認められないということが判明した。発光強度のレベルに個人差

はあるが, 中指と人差し指(および親指)の領域がもっとも強い発光を示すということは, ほとんどの被験者に共通した事実のようである。

3) 発光スペクトル[1, 6]

Fig. 5 は, 1人の被験者(男性, 24 歳)を異なる実験条件の下で測定して得られた発光スペクトルパターンであるが, どちらの場合も, 測定部位は右手中指の先端部位である。a は昼間の時間帯の安静・覚醒状態における発光波長分布であり, b は深夜から早朝にかけて睡眠中に測定した結果である。両者は同一の発光強度スペクトル(縦軸共通)で表示してある(PMT: R 1333, 測定波長領域: およそ 450~830 nm, スペクトル分解能: 20~30 nm)。

発光強度のレベルがサーカディアン的な日内変動を呈することはすでに言及したが, その波長分布における変化の内容は不明であった。しかし, このような一連の計測により, 夜間(b)の発光レベルは昼間(a)に比べて, 測定波長範囲の全域で低くなることが判明した。

スペクトルのパターン自体に関しては, どちらの場合も 670~700 nm 付近に位置する大きなピークと 630 nm 付近の肩, ならびに 530~570 nm のあたりに存在する小さなピークが特徴的であり, 600 nm 以上の長波長側には, しばしば個人差が反映されることが明らかになった。また発光波長分布の時間的な変化につい

ても検討した結果、運動負荷中は 520~580 nm における発光の割合が相対的に増加し、睡眠中は 660~700 nm における発光の相対的減少が認められた。

3. 生理的特性[1, 4~6]

1) 内分泌機能と発光強度[1, 6]

発光強度は、通常睡眠をとっている深夜の時間帯には、被験者が覚醒していても低いレベルで推移する (Fig. 2)。また完全な徹夜をすると、翌朝の発光強度のレベルの立ち上がりに遅れが生じ、通常ならばすでに発光量が増加しているはずの正午の時点を過ぎてもまだ低いレベルにあることが多い、という知見が得られている。さらに一連の計測の結果、熟睡中の発光強度はその被験者の最低値となる、ということも明らかになった。睡眠時の代謝が基礎代謝よりも低いということは知られているが、それと同調するように手指における発光強度も低下するという事実は、体表面で観測される発光の生理的機序や意義を考察する上で、非常に重要であると思われる。

人体の全体としての代謝機能は、内分泌系や脳・神経系などの種々のファクターが複雑に絡み合った協同的な相互作用によって、恒常性の範囲の中でバランスよく統御されている。そのバランスが崩れ、修復が困難になった時、いわ

ゆる病気の状態となる。そこで筆者らは、生体の物質代謝(エネルギー代謝)と深くかかわっている甲状腺の機能状態と発光強度の関連性に注目した。甲状腺機能亢進症では、何らかの原因で甲状腺ホルモンの過剰な分泌が起こり、血中ホルモン量の増加によって全身的な新陳代謝が必要以上に亢進し、種々の臨床症状を発現する。逆に甲状腺機能低下症では、新陳代謝が全身的に低下し、精神的にも肉体的にも活力が失われた状態となる。

まず甲状腺機能低下症と診断された患者と健常人の左手 2 指(人差し指と中指の腹側)における発光強度を比較した結果、患者の発光レベルは、健常人のレベルに比べて、ほぼ例外なく非常に低い値を示すことが判明した(PMT: R 1333, 発光レベルの日内変動を考慮し午後 2 ~ 3 時の時間帯に測定)。

次に同様の手法で得た甲状腺癌患者の術後の測定例を Fig. 6 に示す。発光強度は、甲状腺の全摘出後 2 週間(*)印および 4 週間(+)印という時間の経過に伴って徐々に減少している。同時に追跡した血中残存ホルモン量(トリヨードサイロニン、総サイロキシン、遊離サイロキシンなど)の経時的低下傾向を考慮するならば、術後の発光強度は、体内の甲状腺ホルモンの減少、すなわち全身的な代謝の低下とともに低くなったと考えられる。

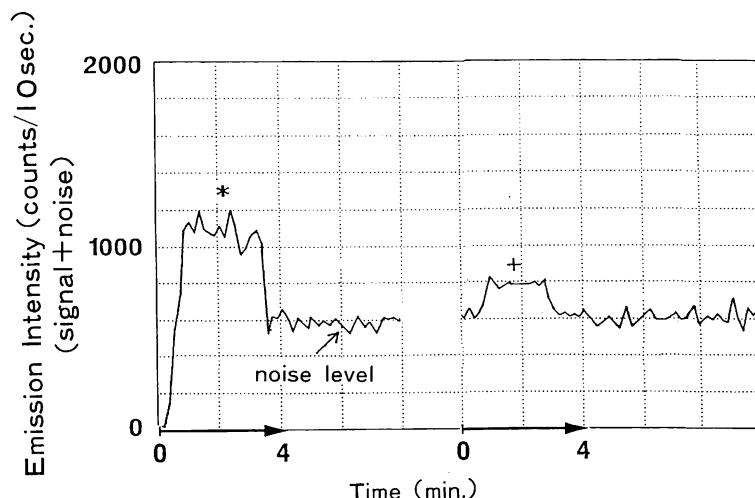


Fig. 6 Biophoton emission intensities measured (*) 2 weeks and (+) 4 weeks after total thyroidectomy.

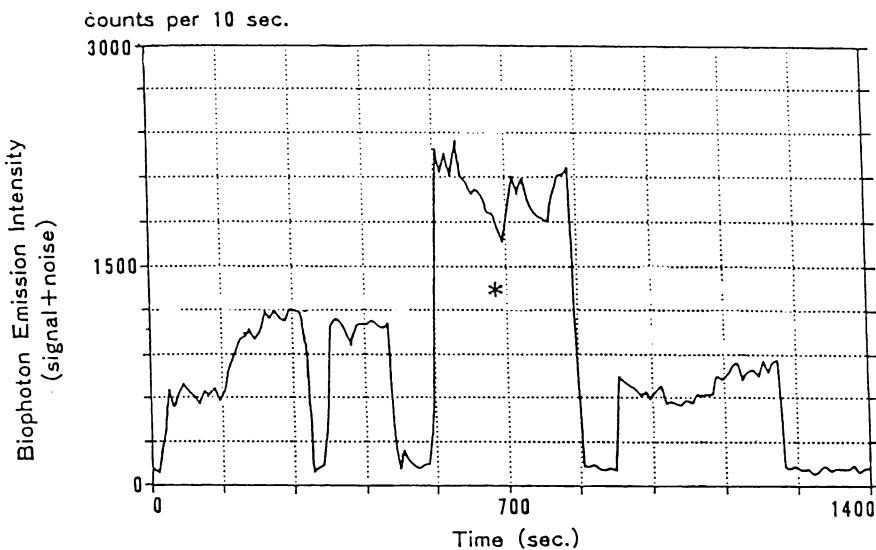


Fig. 7 An example of biophoton emission from a subject (*) with hyperthyroidism.

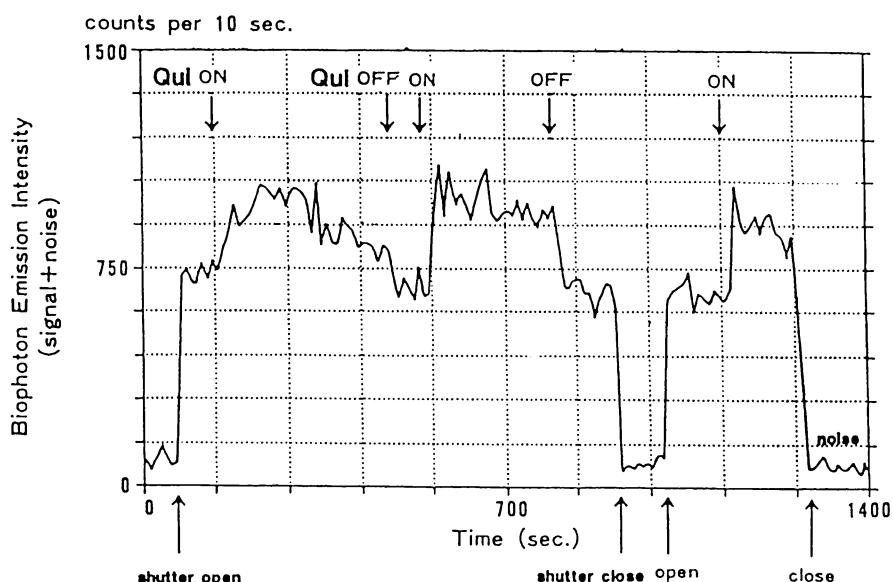


Fig. 8 An example of biophoton emission from the right hand fingers of a Qi-gong therapist.

一方、Fig. 7 に示した * 印の測定例は軽い甲状腺機能亢進症と診断されたケースで、健常人（両サイド）のレベルよりも顕著な発光を呈しており、現在測定例を増やして検討しているところである（PMT：R 375）。

2) 「気功」とフォトン放射(4,5)

筆者らは、生物フォトン情報を介して人体の生理的状態を把握しようとする試みの中で、気功をはじめとする東洋医学に関連した計測にも

挑戦している。

Fig. 8 は、1人の中国気功医師の右手3指（人差し指、中指、薬指）の腹部において測定した発光強度のグラフである（PMT：R 375）。たとえば Fig. 7 の測定例と比較して、その発光強度のレベルに特別な違いは見出せない（縦軸のスケールに注目）。ところが、気功師が自ら計測装置に対して気の放出／停止という過程を繰り返す時、それと同調するように発光強度が増える／

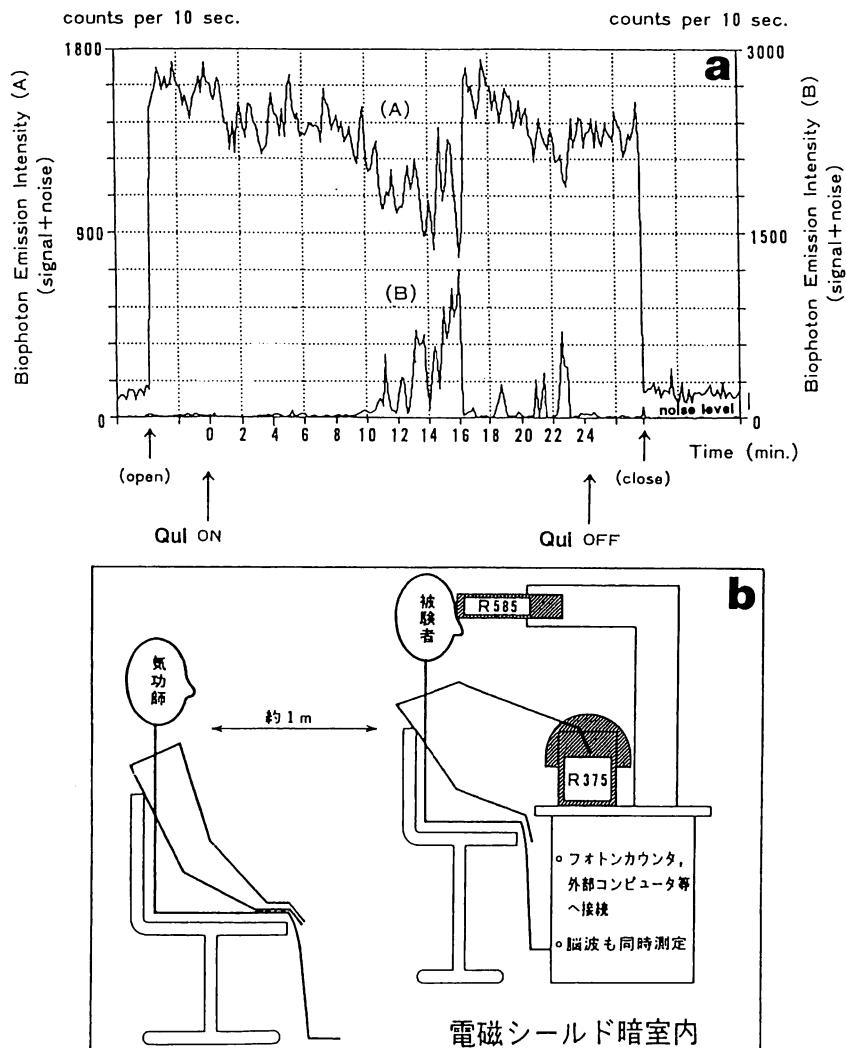


Fig. 9 (a) Simultaneous measurements of biophoton emission from (A) the left hand fingers and (B) the forehead of a subject during Qi-gong therapy. (b) Schematic showing the positions of the therapist and the subject.

減るという明らかな変化を呈することが判明した。しかし、他の複数の気功師を対象とした測定結果によると、すべての気功師で同様の現象を観測できるとは言い難いようである。

Fig. 9 に「外気」による非接触腰痛治療に際して得られたデータ (a) および被験者(患者)と気功師の位置関係 (b) を示す。気功師は椅子に座って両手を組み、座禅時の姿勢をとる(その後はほとんど動かない)。その前方に少し離れて被験者も椅子に腰をかけ、リラックスした体勢をとる。発光の計測は、被験者の左手3指(人差し指、中指、薬指)の腹部(PMT: R 375)および前

額部眉間の天目穴部位 (PMT: R 585) を対象とした。また、その実験では、被験者と気功師の脳波も同時に測定した。(シールド室内外の連絡用として特別な手段を設けなかったため、実験中スタッフが互いに声をかけ合った。したがって被験者自身も時間経過のタイミングを知り得た、ということを付記しておく)。

Fig. 9 a の(A)は被験者の左手3指、(B)は天目穴に由来する発光の経時的変化を示している。(A)と(B)の変化の挙動が時間的に一致し、しかも互いに逆の様相を呈していることは非常に興味深いと思われる。また、発光レベルに顕著

な変動が出現した時点で、脳波においては、発功前の前頭葉には通常ほとんど認められない α 波が、気功師のみならず被験者の前頭葉にも出現することが確認された。発功中、被験者が得た体感は、抵抗しがたい眠気と全身の弛緩および熱感であった。その後被験者の腰痛そのものも和らぎ、快方に向かった。

おわりに

偏光特性や紫外域での発光特性など、さらにいくつかの興味深い事象[6]については紙面の都合で割愛せざるを得なかつたが、筆者らの研究が、新たなバイオメディカルテクノロジーの誕生へ向けた第一歩となれば幸いである。

文 献

- [1] 宇佐 史, 他:ヒト体表面で捉えた生体情報としての極微弱生物フォトン. 第11回日本レーザー医学会大会論文集:373-376, 1990
- [2] 宇佐 史, 他:極微弱生物フォトンによる生体情報計測. テレビジョン学会技術報告 15(22):1-6, 1991
- [3] Usa M et al: Detection and characterization of ultraweak biophotons from life processes. In: Ohzu H, Komatsu S eds. Optical Methods in Biomedical and Environmental Sciences (OWLS

- III) Elsevier Science B.V., Amsterdam 1994, pp 3-6
- [4] 宇佐 史, 他:人体表面,特に気功術中における生物フォトン発光現象. 計測自動制御学会第4回生体・生理工学シンポジウム論文集:331-334, 1989
- [5] 宇佐 史, 稲場文男:人体表面からの極微弱生物フォトン発光と脳波の同時計測. 生物物理 30(5): 45-48, 1990
- [6] 宇佐 史:生体の生理状態と生物フォトン発光. 創造科学技術推進事業・稲場生物フォトンプロジェクト研究概要集, 新技術事業団, 東京, 1991, pp 239-277