

BiOS 2008 ショート速報 [光コヒーレンストモグラフィー関連]

第6分科会

会議名：SPIE Photonics West, BiOS 2008

開催期間：2008年1月19日 - 24日

開催場所：San Jose Convention Center (San Jose, CA, 米国)

*****要 約*****

今回の BiOS では大きな技術的なブレークスルー、ムーブメントは一見なかったように見えた。しかしながら、各技術は確実に進展しており、また実際に临床上の有用性もさらに高められつつある。さらに今後、大きく発展するであろう技術の予兆として、「変調」と「多重化」が随所に散見された。来年以降、これらを用いた光計測技術の発展が目覚しいのではないかとこの予見を得た。

1. はじめに

BiOS では毎年、新たな技術的ムーブメントが明確になることが多い。例えば 2004 年にはフーリエドメイン光コヒーレンストモグラフィー (FD-OCT) が光コヒーレンストモグラフィー (OCT) の技術的なブレークスルーとなることが明確になった。その後、2005 年には swept-source OCT (SS-OCT) の開発に目覚しい発展がしめされ、2006 年には補償光学を用いた眼底 OCT (AO-OCT) が爆発的に広まり、2007 年には個々の技術が急速に臨床段階に入ったことが示された。しかしながら、本年の BiOS 2008 においてはこのような目に見える大きなムーブメントを見ることはできなかった。(実は、来年大きく発展するであろう技術の予兆が散見されたのであるが、これに関しては後述する。) しかしながら、各技術は確実に進展しており、また、実際に临床上の有用性もさらに高められつつある。以下に各分野別にその進展をまとめ、最後にそれらを踏まえて、今年すでに見られている新たな技術的なブレークスルーを予測してみよう。

2. 光コヒーレンストモグラフィー (OCT) 全般

今年の BiOS 2008 においても OCT 関連の発表件数は最大であったが、昨年までの劇的な性能の向上は見受けられなかった。しかし、いくつかの漸次的な進展は見られた。

眼底の可視化に関しては Cardiff University (英国)、University of Waterloo (カナダ)、COG 筑波大学 (日本) からは 1 μ m 帯の波長を使用した高速スペクトラルドメイン OCT が発表され、新たな OCT 装置として発表され注目を受けている。

一方、眼科以外のアプリケーションでは冠動脈、食道、気道などの疾患を実際に診断する装置の開発に関する発表件数が増え、それに参入している研究グループの数も増加してきている。また、観察する対象が生体内部構造だけではなく、光の偏光変化や、生体組織の構造変化、刺激に対する反応などの計測に重点が移ってきているように感じられる。

組織に機械的変位を与えて OCT 信号の位相から変位量を求めて組織の機械的特性を計測する、パルスレーザーを照射して吸収された際に発生する機械的変位を計測することにより吸収をコントラストするなどの

新たなコントラスト源を用いた OCT が報告された。

また、生理学的な反応を計測する方法として、神経に流れる電気信号による神経内の光学的距離の変化の検出、網膜の光受容体の活性による光散乱強度変化の計測なども試みられている。特に **Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne** (スイス) の発表では、光刺激の変調周波数によって光受容体の散乱強度変化の強弱が変化することが報告された。また、血流を用いて生理現象を計測する OCT に関する研究も広く行われている。今回は、網膜血流速度の絶対計測に関する発表が 4 件行われ、うち 3 件が血管の向きから血流計測を計算するものであった。

今後の OCT の動向としては様々な分野への応用に際した装置の最適化、プローブの開発と、生体組織に刺激を加えたときの変化を観察して、新たな生体情報を得る一方で、増加する情報を効率よく高速に検出するための信号の多重化法の開発が進んで行くと考えられる。

3. 偏光 OCT

偏光 OCT (PS-OCT; Polarization Sensitive OCT) に関して、システム開発とアプリケーションについてそれぞれ数件の発表があった。

PS-OCT 装置開発の流れの一つは偏光チャンネルの多重化である。Massachusetts General Hospital/Harvard Medical School のグループ、COG 筑波大学 により、個別に複数の偏光多重化 PS-OCT が発表された。

また、複数のグループにより PS-OCT の眼底検査への応用が試みられた。Medical University of Vienna の研究グループは網膜色素上皮によって起こる偏光スクランブル (偏光解消が原因と考えられる複屈折パターンのランダム化) を用いて当該組織の自動選択のデモンストレーションを行った。Indiana University の研究グループは PS-OCT に眼光学系の収差補正用の補償光学装置を融合させ、ヘンレ繊維層の複屈折計測に成功した。これらの事例は、従来科学的な好奇心で行われてきた PS-OCT に対する研究が実際の臨床実証段階に達したことを示している。日本国内における大学・公的研究所ベースの医療機器開発プロジェクトのほとんどが原理実証のみで臨床段階に進展しないことを考えると、ここで示されたような確実な臨床への移行は特筆に価すべき事項であろう。

4. 眼科における光画像化技術

米国の複数の研究グループ (Lawrence Livermore National Laboratory, University of California in Berkley, Indiana University, University of California in Davis, Physical Science Inc.)、および、欧州の複数のグループ (Cardiff University (英国)、Medical University of Vienna (オーストリー)、Kent University (英国)) が精力的に補償光学を用いて高解像度眼底 OCT イメージングを行っている。特筆すべきは、それらの全てがすでに実用段階の画像化に成功していることである。また、それらのグループの横の連携も非常に強い。各グループがそれぞれの基礎技術を持ち、その上で連携する事で非常に迅速な開発・臨床への移行を実現している。これは、国内の NEDO、JST プロジェクトによる補償光学による眼底イメージングプロジェクトのほとんどが未だに人眼での有意な画像の取得に成功していない事と対比的であろう。ある程度主観的な意見であるが、欧米の研究連携が技術を持つものによる列強連合であるとするならば、国内における当該分野の研究は技術を持たないもの同士が連合して政府予算を獲得する弱者連合であるようにも見える。

5. おわりに

今回の BiOS では大きな技術的なブレークスルー、ムーブメントは一見なかったように思えた。しかしながら、より詳細に状況を観察すると、実は、非常に気づきにくい、一つの方向性が示されていることがわかる。それが「変調」と「多重化」である。

偏光 OCT ではプローブ光の独立した偏光状態を個別に変調する事で複数の偏光チャンネルの多重化を行い、従来得られなかった速度での偏光計測を可能にした。また、OCT による生理計測では光による眼底の刺激に変調を加え、それと同時に計測された OCT 信号から変調された成分のみを取り出す事で従来計測不可能であった微小な生理反応の計測に成功している。

昨年まで見られた、FD-OCT、SS-OCT、補償光学、アプリケーションへの進展などのブレークスルーは、それぞれが単体で名前をつけられる研究分野、いわば縦糸であろう。その一方で、「変調」「多重化」は研究分野ではなく技術の方向性、もしくは、改良に対する概念であり、いわば横糸である。今回の BiOS においてもっとも顕著に見られた技術的な変化は、この横糸の導入である。来年以降、「変調」「多重化」を用いた顕著な光計測技術の発展が目覚しいのではないかと予見させる。

そして、もう一点面白いのは、おそらくこれらの技術を利用していた本人たちも、この横糸の存在に気づいていなかったであろう、という点である。それぞれの研究グループの中では基盤技術は OCT であり、その一つのバリエーションとして変調と多重化を用いている。つまり、一つのグループが単独で考えていたのでは横糸の存在を見る事はできないのである。今回の BiOS において複数のグループがそれぞれの技術を露出し、並べて、その全体を俯瞰する事で、はじめてこの横糸の存在が明らかになったのではないだろうか。そして、一旦その存在に気づけば、続いて、より積極的なその横糸の利用が始まる。

ここ数年 BiOS に参加していて、このような「学会による技術の創造」という傾向を強く感じる。つまり、BiOS は単なる研究発表の場ではなく、研究者同士のインタラクションを通じた創造の場なのである。そして、残念ながら、国内においてこのような機能を兼ね備えた学術集会を見た事がない。海外における学術競争力を高めるためには、このような基盤作りが大切なのではないだろうか。

最後に、本会議に参加した学士過程の学生による感想を引用する。

「以上の結果から感じた事、考慮しなければならない事等を報告いたします。

まず、補償光学に関する学会発表を見る事が始めてであったため、非常に刺激的な毎日を過ごすことができました。さらに OCT に関する発表の多さにも驚きを覚えました。しかし、自分の英語力の未熟さから、全ての学会での発表において、不完全な理解で終わってしまった事を非常に残念に思いました。ゆえに、英語力の必要性を強く感じました。他にも光学系、プログラミング、眼科関係に関する知識不足から、必要な情報を正確に捉えられていない状況が多々あり、プロジェクトを任せられている人間として、不適切きわまり無いと感じました。それと同時に世界のレベルの高さを感じました。現在進行中のプロジェクトに関する装置のコンパクト化についても、すでに他グループが光学設計を発表しており、その大きさは私の設計中のものより小さいものでした。しかも彼らはすでに補償光学型 OCT を完成させた経験があるので、その段階から次の段階への速さも容易に想像がつかます。さらに補償光学自体、すでに次の段階へのアプローチが多くのグループで進んでおり、来年の BiOS までに完成しないのであれば、世界に取り残されてしまうという事は明らかでした。

次に、私以外の COG メンバーの研究成果もまた、非常にレベルの高いものであるのだと改めて感じまし

た。海外の学会で堂々と振舞っている姿が非常に衝撃的でした。(註：このあたり、4年生のいうことですから大目にみてください。) また、海外での日本人の研究者の立場など考えた事も無かったのですが、多くの学会発表(主に BiOS)を見て、色々と感じさせられるものがありました。英語力の無いプレゼンターの発表最中では、多くの咳払いが見受けられました。Audience が参加型の学会であるため、質疑応答で求められる説明能力も、非常にクオリティの高いものでなければならぬのだと感じました。

以上、技術的にも語学能力的にも多くのものが求められる世界である事を改めて感じる事ができました。そして、今自分が置かれている絶望的な状態を再確認しました。」