

産業用カメラを利用した高速度画像記録システムの構築：
生細胞動態観察への応用

(広市大・情報) ○藤原 久志, 伊藤 洋輔, 石渡 孝

【序】 我々は「情報科学の理学研究への応用」を念頭に置き、産業用カメラ画像の非圧縮記録装置の開発を行ってきた¹⁾。そして、ごく最近、ビデオ速度 (30 枚/秒) を遥かに超える高速度カメラの非圧縮画像記録装置を高い費用対効果で構築した²⁾。

【システム構成】 構築した装置は、高速度 CCD カメラ (IPX-VGA210-LM, IMPERX) とパーソナルコンピュータ (特注品：仕様は下記参照) の組み合わせである。

まず、CCD カメラの仕様は、640×480 画素 (白黒 8~12 ビット/画素) で最大撮像速度 210 枚/秒である。一方、コンピュータの仕様は、CPU (Core 2 Duo E6600, Intel, 2.4 GHz)、マザーボード (P5B Deluxe, ASUS) で、OS として Windows XP Professional Service Pack 2 (Microsoft) をインストールしている。さらに画像記録用にハードディスク (WD Caviar SE, Western Digital: 7200 rpm, 250GB, SATA II) 2 台で RAID 0 を構築した。なお、コンピュータとカメラの接続 (データ転送) は、Camera Link ボード (Grablink Expert 2, Euresys) で行っている。

【プログラムの概要】 CCD カメラの画像撮影・表示・記録を行うプログラムは、Win32 Application Programming Interface (API) 関数及びボードのライブラリ関数 (Multicam 5.1, Euresys) を主体として作成した。また、プログラム作成環境として、Visual C++ 6.0 Professional Edition (Microsoft) を用いた。

プログラム設計では「割り込み」に注意を払った³⁾。通常の汎用 OS では、プリエンプティブマルチタスキング^{4,5)} (OS が CPU 時間の各プログラムへの割り当てを配分・管理する) を採用しており、その OS の管理と割り込みとの「衝突」を避ける必要がある。その大まかな目安は 10 ms と考えられる³⁾。そこで、今回の装置では 200 枚/秒 (全画面) または 1000 枚/秒 (一部画面) の取得・記録において、それぞれ 5 または 30 画面分のデータ蓄積毎に必要な処理を起動 (割り込み) するようにした。

【データの流とチップセット】 今回の装置では、データを大量かつ高速に転送する必要があり、コンピュータ内のチップセット (CPU とメモリ・グラフィック

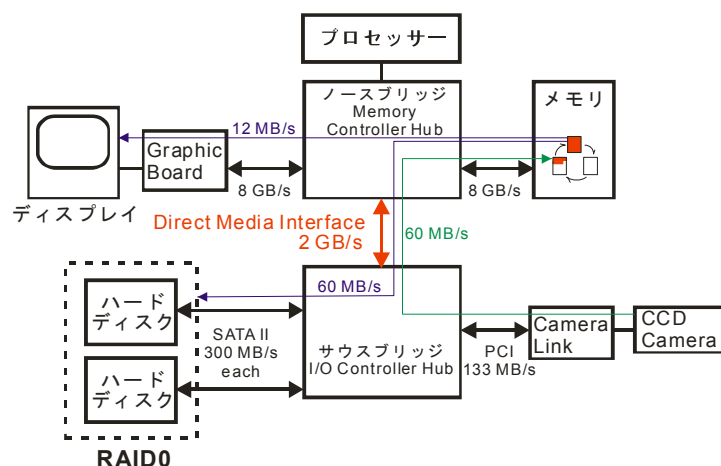


図1 高速画像記録装置内部でのデータの流。用いたコンピュータでは、P965 チップセット (Intel) を使用している。

ス・ハードディスクなどとのデータ入出力を調整する部品)が重要である(図1)。本装置では、カメラ画像をバッファに転送(60 MB/s)しつつ、同時に取得済み画像をハードディスクに記録(60 MB/s)している。結果として、ノースブリッジとサウスブリッジの間に、120 MB/sの大きなデータの流れが生じる事となる。この点について、Intel社が近年採用したDirect Media Interface(DMI)が大いに有用である。DMIのデータ転送速度は2 GB/sであり、従来のHub Interface(266 MB/s)よりも遥かに速く、高速度画像記録装置を安価に構築可能になった大きな要因である。

【性能と用途】 構築した装置は640×480画素ならば200枚/秒で、224×200画素ならば1000枚/秒で、長時間(60分以上)連続で画像記録可能である(いずれも8ビットグレースケール画像の場合)。本装置は、トリガーをかけられない高速現象(例えば、非定期的に生じる高速現象)一般の観測に有用と考えている。

【生細胞の顕微鏡観測への適用:好中球の貪食過程の観測】 好中球は白血球系の細胞の一つであり、異物の貪食能(異物を取り込み、処理する能力)を有し、生体防衛で重要な働きをする。洲崎らは、以前微分干渉顕微鏡にCCDカメラを装着し、ビデオ速度(30枚/秒)で好中球の貪食過程を観測した⁶⁾。今回、同様な実験環境に構築した装置を組み込み、ザイモサン(パン酵母抽出物)を貪食する好中球の顕微鏡画像を記録した。図2には、200

枚/秒で記録したデータより3枚の画像を抽出・表示した。この貪食過程では、開口放出現象(顆粒の内容物の放出による異物処理)も高速記録されている。得られたデータを解析した結果、開口放出の立ち上がりは20 ms程度であり、ビデオ速度(30枚/秒)では捕捉しきれない高速現象であることが明らかとなった。

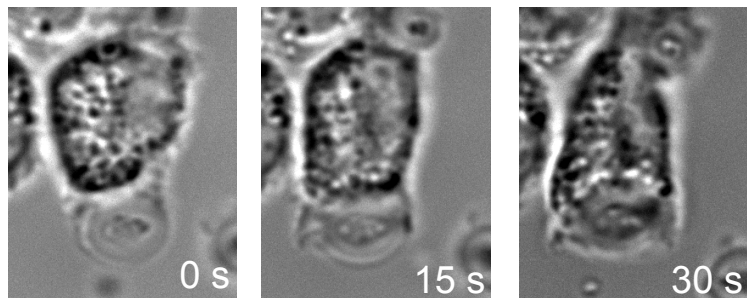


図2 異物(ザイモサン)を貪食する好中球. 顕微鏡はCarl Zeiss Axiovert 100M(対物レンズ: NA1.4, ×63).

謝辞: 好中球の貪食観測では、就実大学薬学部の洲崎悦子教授に御協力頂きました。心より御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) H. Fujiwara et al., *Meas. Sci. Technol.*, **18**, 952 (2007).
- 2) H. Fujiwara and T. Ishiwata, manuscript in preparation.
- 3) 藤原、石渡: 分光研究, 55巻5号(2006).
- 4) Jeffrey Richter (訳: 株式会社ロングテール, 長尾高弘), *Advanced Windows 改訂第4版*, (アスキー, 東京, 2001).
- 5) Andrew S. Tanenbaum (訳: 水野忠則, 太田剛, 最所圭三, 福田晃, 吉沢康文) *モダンオペレーティングシステム(ピアソン・エデュケーション, 東京, 2004)*.
- 6) E. Suzaki et al., *Cell Motility and the Cytoskeleton* 38 215 (1997).