

プログラム名： セレンディピティの計画的創出による新価値創造

PM名： 合田 圭介

プロジェクト名： 細胞同定技術開発

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 28 年度

研究開発課題名：

セレンディピター用の細胞検出アルゴリズムの高速化

研究開発機関名：

千葉大学大学院工学研究科

研究開発責任者

下馬場 朋禄

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

本年度はプロジェクト 3 から得られる画像情報や分光情報から得られる知見をもとにアルゴリズムの選定や GPU/FPGA へのハードウェア実装を目標とする。具体的には、プロジェクト 3 の計測装置の 1 つである STEAM の画像再構成・細胞同定処理の GPU/FPGA 実装をプロジェクト 3 と連携しながら検討を行う。具体的な目標は以下のとおりである。

- (1) STEAM 用の画像再構成・細胞同定処理の GPU/FPGA への実装方法の検討
- (2) 細胞サイズの変化を高速かつ正確に検出可能なアルゴリズムの選定もしくは開発
- (3) 分光イメージング計測装置 (SRS) で使用されている成分分離のための信号処理の高速化
- (4) 試験的に細胞サイズ変化検出の GPU 実装を行い、秒間 1,000 個程度のスループットで細胞を同定可能かどうか検証
- (5) FPGA への実装方法を検証
- (6) プロジェクト 4 とプロジェクト 5 間でのインターフェースの検証
- (7) セレンディピターの試作機 (セレンディピター・ミニ) へ向けたシステムの検討

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

本年度は、当該チームで開発している STEAM (プロジェクト 3・チーム 1 で開発) 用リアルタイム画像再構成システムおよび細胞同定システムをセレンディピターの試作機であるセレンディピターミニに組み込み原理検証を行なった。このセレンディピターミニは、送液システム (プロジェクト 1), 撮像システム (プロジェクト 3 の STEAM), 撮像システムからの信号波形の画像化および細胞同定 (当該チーム), 細胞分取システム (プロジェクト 5) から構成され、本プログラムの最終目標の試金石となるシステムである。

当該チームではプロジェクト 3・チーム 1 で開発を行っている STEAM に関して、昨年度に引き続きその画像再構成回路の FPGA 実装および性能改善を行った。FPGA には SP Devices 社製の ADQ108 ボードを使用している。このボードには STEAM の光検出素子から来る信号を 7GHz でサンプリングできる AD コンバータとそのデジタルデータを信号処理するための FPGA (Xilinx 社製 Virtex6) が搭載されている。昨年度までに画像再構成回路はできていたが再構成画像に歪みやコントラストが低いなどの問題があった。本年度は STEAM 信号の外部アンプや信号ケーブルを見直すことやレーザーに同期した回路を導入することで画質を大幅に上げることが出来た。この再構成回路の性能評価を行うために実際に流路に複数の細胞を流し、リアルタイムイメージングを行った。再構成画像は目視でも細胞の種類を識別できるほど鮮明になり、細胞同定アルゴリズムによる自動同定を行うのに十分な画質であることを確認した。FPGA には画像再構成回路以外に、分取を正確に行うためのタイムスタンプ方式の回路や分取信号出力回路も実装した。分取信号出力回路はプロジェクト 4・チーム 2 およびプロジェクト 5 との協業で行なった。昨年度は、これらは調整中であったが、本年度はセレンディピターミニ上で正しく動作していることを確認した。

FPGA で画像再構成を行ったあとに、流路内を流れる細胞をある基準に沿って高速に分取する必要があるが、その細胞同定アルゴリズムとしてサポートベクトルマシンを採用し、CPU や GPU (Graphics Processing Unit) 上への実装も行った。再構成回路で取得した画像から、いくつかの単純な特徴量を算出し、サポートベクトルマシンで所望の細胞であるか否かの判定を行うことが出来た。

2-2 成果

本年度に開発を行った STEAM 信号を FPGA で画像再構成を行い細胞同定および細胞分取を行うシステムの概略を述べる。流路を流れる細胞を STEAM で計測し、FPGA で画像再構成を行い CPU もしくは GPU で細胞同定処理を行う。分取結果を元に分取信号をプロジェクト 5 の装置に渡す。このシステムは本年度にセレンディピターミニの一部として組み込まれ、実機での細胞分取に成功した。

開発したシステムは STEAM 信号を流路内に細胞が有るか無いかにかかわらず、常に FPGA でリアルタイム画像再構成を行い時間情報 (タイムスタンプ) などを付加して、PCI Express 経由でホストコンピュータに転送し続ける。ホストコンピュータの CPU でその画像中に細胞が含まれている領域か否かを判定し、細胞が含まれていればサポートベクトルマシンで細胞同定を行い、この結果を FPGA にフィードバックする。FPGA 側では、同定された細胞のタイムスタンプ情報を基に、適切なタイミングで分取信号を生成し、プロジェクト 5 が開発したピエゾ素子ベースの分取装置で細胞の分取を行う。セレンディピターミニでは、細胞が正しく同定できていることを確認するために、分取部分をハイスピードカメラで撮影し分取の正確性を確認している。このハイスピードカメラへのトリガー信号も生成している。

流速を 1m/s に設定した場合のセレンディピターミニ上で、当該チームが開発した細胞同定システムは、細胞同定アルゴリズムにサポートベクトルマシンを使用し 1 個の CPU で計算した場合、およそ秒間 900 細胞の細胞同定・分取が可能であることを確認した。当初の目標値は秒間 1,000 細胞の分取であったので、目標をおおよそ達成できたといえる。また、当該チームではセレンディピターのエミュレータを開発することで、次期セレンディピターに必要とされる計算機の仕様を見積もりした。

2-3 新たな課題など

当該研究期間に秒間 900 細胞の細胞同定・分取を行えるシステムの開発を行い、当初の目標をほぼ達成することが出来たが、計算性能や分取の正確性をさらに向上させるためには下記の開発を行う必要がある。① より正確な細胞同定を行うために、高画質な STEAM 再構成画像を得る必要がある。これには、より高速なデジタイザが必要である。② 秒間 10000 細胞を超える分取性能実現のためには GPU や、もしくはホストコンピュータを介さないデジタイザに直結した FPGA による細胞同定・分取回路を実装する必要がある。③ セレンディピターミニで大量の計測データを取得し、次期セレンディピターに向けたデータベースの構築およびその大規模データベースを活用した機械学習アルゴリズムの開発、が挙げられる。

3. アウトリーチ活動報告

なし