共同研究契約報告書

平成31年　　月　　日

平成30年9月6日付「Second-Earth Imager for TMT（SEIT）実現のための極限補償光学装置の開発」
研究代表者：大阪電気通信大学・教授・入部正継

上記共同研究契約について、下記のとおり報告いたします。

所在地：大阪府寝屋川市初町 18 番 8 号
名　称：学校法人大阪電気通信大学
代表者：理事長　大石　利光　　印

記

１．成果報告書（別紙のとおり）

２．使用実績報告書（別紙のとおり）

以上

成　果　報　告　書

１．研究の実績

(1)研究の実施日程

研究項目	実施日程											
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
FPGA回路仕様検討												
・設計仕様検討												
・デバイス仕様検討												
・周辺部品選定												
・RTL回路設計												
・実装確認実験とデバッグ												
制御系設計												
・Wooferシステムによるデータ取り												
・シミュレーション環境設計とデバッグ												
・制御シミュレーション												

(2)研究の成果の説明

■FPGA論理回路設計とその効果

・可変形鏡(DM)制御の実装

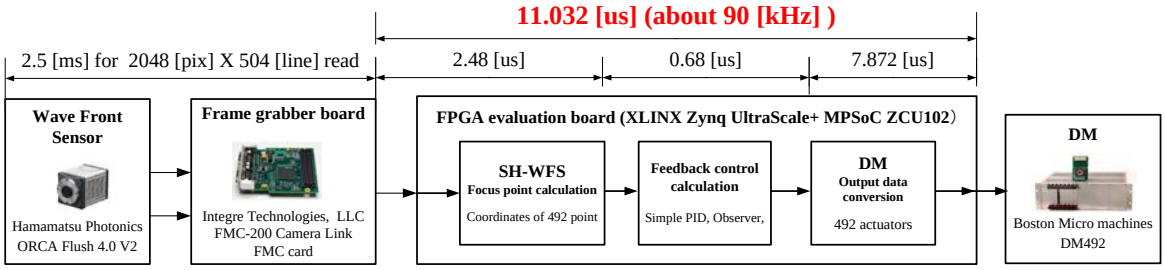
DM制御用回路の設計と実装を行った．フィードバック演算の結果をDMに転送するために必要なI/Oマップ解析に時間を要したが，最終的に **492個のアクチュエータ駆動のためのデータ出力を所要時間 7.872 [μs]** で行うことを実現した．

・重心演算と制御演算(PID制御器)の実装

WFS信号から波面情報（レンズアレイ毎の焦点位置＝重心）を計算するために必要な時間は，2017年度に実装した **2.48 [μs]** である．この演算の後に作用行列演算とPID制御器の演算を行うが，この計算は **0.68 [μs]** で終了可能となるように設計した．これにより，**WFS信号を受信した後に重心演算・作用行列演算・PID制御器演算を行う時間の合計値は 3.16 [μs]** とすることができた．

・最終的な評価

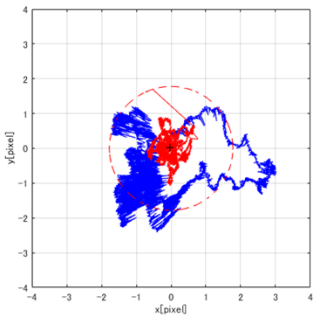
以上より，**WFSからデータを受信し，DMへデータを出力するまでに必要な時間は最大で 11.032 [μs]（制御周波数で約90 [kHz]）**となることを確認した．ここで，行列演算と制御器演算は並列演算アーキテクチャを採用しているため，演算時間はWFSの重心位置数やDMのアクチュエータ数の増減に影響がないことも確認した．この結果の内容を下図に示す．



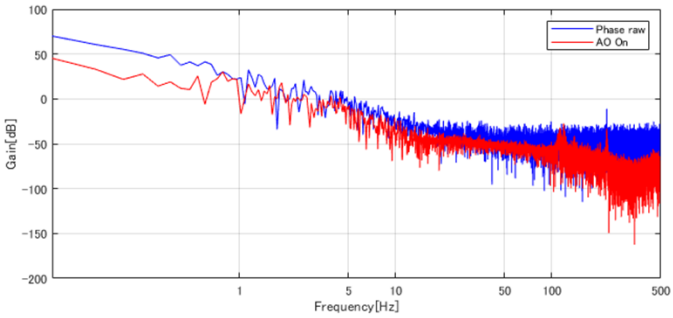
■制御系設計の検討

・Woofer系のデータを元に制御シミュレーション環境を構築

極限補償光学装置で使用するWoofer補償光学系のDMとWFSのパラメータを元にMatlab/Simulinkにて制御シミュレーション環境の構築を進めた．DM素子の相互干渉モデルも含めてシミュレーション環境を構築し，実験結果と比較して同様の制御結果が得られることを確認した．これにより，補償光学系の制御シミュレーションがDMやWFSの形式に関わらず実施可能となった．下図にその結果の一例を示す．

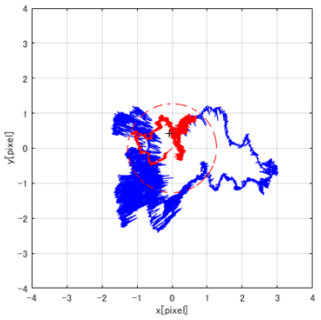


(a) WFSの小開口中の焦点位置

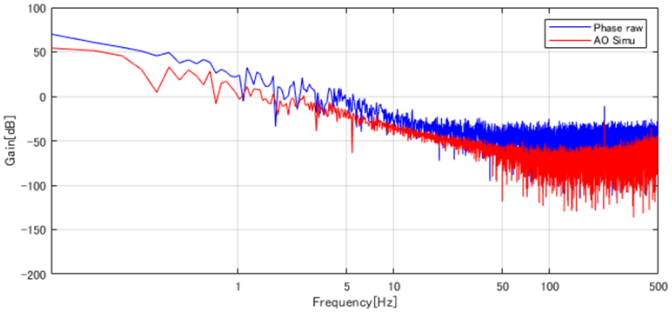


(b) 小開口中での原点と焦点位置の距離の周波数応答

Woofer系での実験結果（青：非制御時，赤：制御時）



(a) WFSの小開口中の焦点位置



(b) 小開口中での原点と焦点位置の距離の周波数応答

Woofer系でのシミュレーション結果（青：非制御時，赤：制御時）

・オブザーバを使用した制御系検討

DM素子の相互干渉がある系に対してオブザーバを構成することで制御性能を上げる検討を行っているが，シミュレーション環境の構築に時間を要したため，まだ結果が出ていない．

記入例

成　果　報　告　書

１．研究の実績

(1)研究の実施日程

（日程の**書き方について特に指定はしません**が、例のように解りやすく記述願います）

【例１】

研究項目	実　施　日　程											
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
○○設計 (装置本体) (グリズム) ○○試験						↔		↔	↔	↔		
										↔	↔	↔

【例２】

研究項目	実　施　日　程											
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
○○設計 (装置本体) (グリズム) ○○試験						○	●	●	● ○	○		
										●	●	●

(2)研究の成果の説明

共同研究計画書に記載の「研究内容」に沿って、達成状況の具体的な内容等を詳しく記載願います。

【ポイント】**今年度行うとして記述した事柄を、どのように行い、その目標が達成されたかどうか。**
また、達成されなかった場合、その理由等を解りやすく記入してください（分量はこのページに収まるくらいを想定していますが、必要に応じて図を含んで１ページまで追加できます）。

【　例　】　期待される研究成果として計画書に３つ挙げていたならば、その３つについて、１）目標・その成果、２）目標・その成果、３）目標・その成果…というような書き方