

共同研究契約報告書

2020年4月 日

2019年8月1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回路制御SW開発												
・設計仕様検討				←		→						
・デバイス設計修正							←		→			
・Linuxアプリ設計							←					→
・Windowsアプリ設計							←					→
・設計確認とデバッグ									←			→
制御系設計												
・シミュレーション環境整備	←		→									
・制御系設計検討				←								→

(2)研究の成果の説明

■FPGA回路の制御ソフトウェア開発

昨年度で開発したFPGA回路の動作制御を行うために、FPGA回路側のLinuxソフトウェアと論理回路の実装設計とAOシステムを制御するWindows-PCのアプリケーションソフトウェアの実装設計を行った。以下にそれぞれの内容と成果について述べる。

①FPGA回路内部の制御ソフトウェア開発

FPGA (厳密にはSoCFPGA) 内部のARMコアCPUの動作制御用ソフトウェアの設計と実装を行った。また、それに伴うFPGA内部論理回路の修正を同時に行った。その具体的な項目を以下に記す。

- ・シャックハルトマン型波面センサ (SH-WFS) データのキャリブレーションソフトウェア
ピクセルデータの暗電流補正, リファレンスデータを使用したキャリブレーション
- ・作用行列とその疑似逆行列作成ソフトウェア

可変形鏡 (DM) への入力制御, SH-WFSのデータロギング, Pythonライブラリを使用した作用行列と疑似逆行列の作成, 等

- ・各種データ通信ソフトウェア

後述するWindowsアプリケーションと連携し, 各種キャリブレーションデータ, PID制御器の各種フィードバックゲインデータ, DMとSH-WFSの時系列データ等を操作用Windows-PCに送信する

②AOシステムを外部から制御するWindows-PCアプリケーションの実装

AOシステムとしてFPGA回路を動作させるための制御コマンド送信と, 各種パラメータ (各種キャリブレーションデータ, フィードバックゲイン値など) の送信・書き込みを行う, Window-PC上で動作するアプリケーションソフトウェアの設計と実装を行った。

これらソフトウェアを使って回路動作時のデータの受信と記録も行う。このソフトウェアのユーザインタフェース部を図1に示す。また, AOシステム全体としてデバッグを容易にするために, SH-WFSからの信号をAO制御用とデバッグ用の2系統に分配する治具を準備し, AOの動作確認を行った。その様子を図2に示す。このように, AOのPID制御動作を昨年度報告したように制御周期11 μ sで行うことを実現した。

■制御系設計の検討

昨年度に構築したAOの制御シミュレーション環境をブラッシュアップしつつ使用し、AOに有効であると考えられる制御アルゴリズムである外乱オブザーバの有効性を検討した。外乱オブザーバのシステムブロック図を図3に、そのシミュレーション結果を図4に示す。この結果から分かるように、外乱オブザーバがAO制御に非常に有効である可能性を示すことができた。

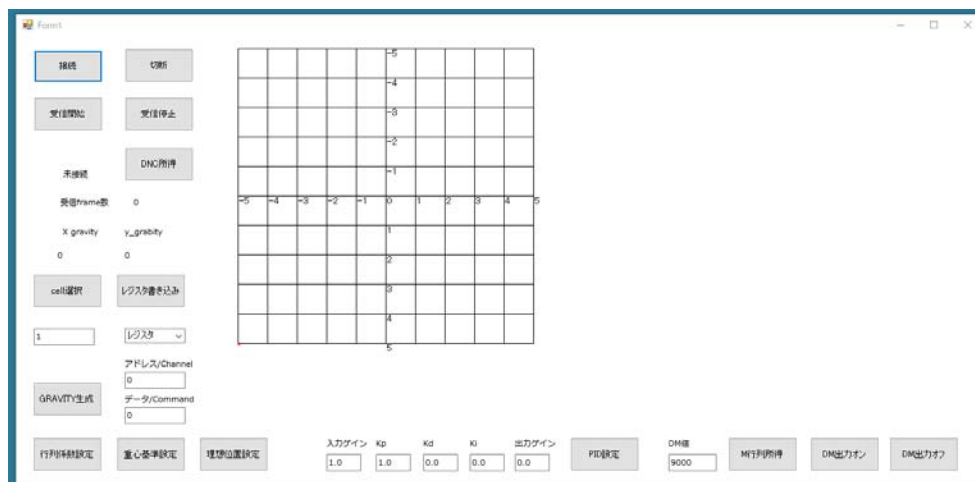


図1 AOシステム制御用Windows-PCアプリケーションソフトウェアのユーザインターフェイス部

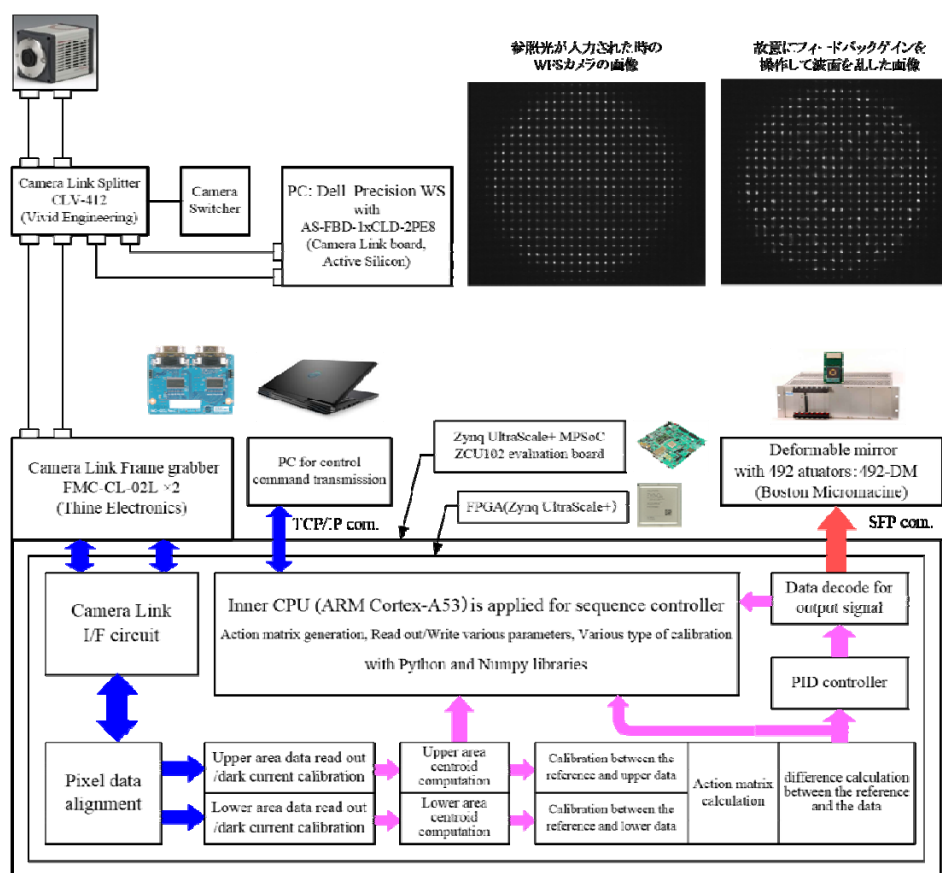


図2 今年度構築したAOシステム全体図 (カメラリンクスプリッタを含む)

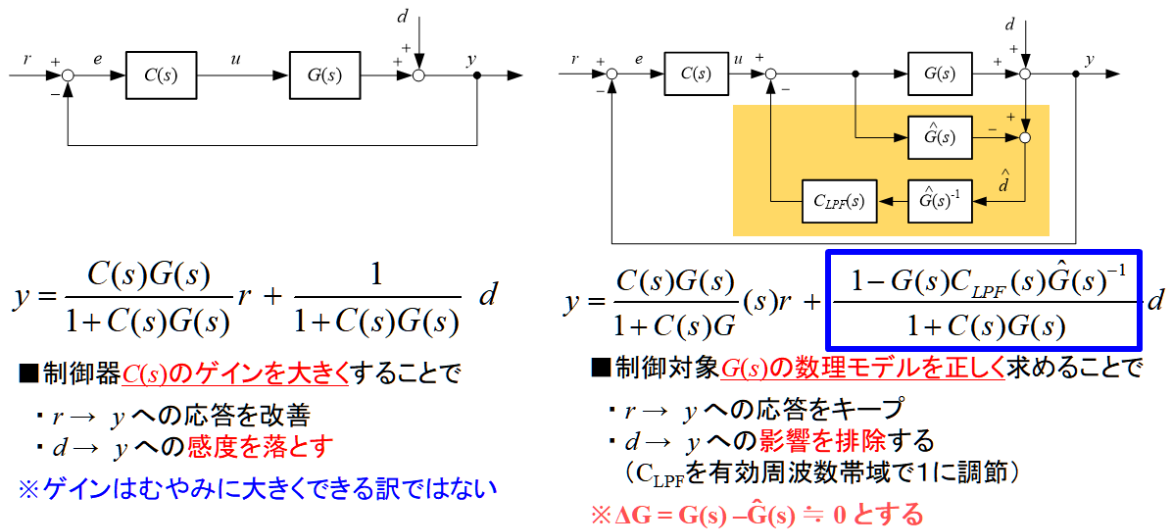
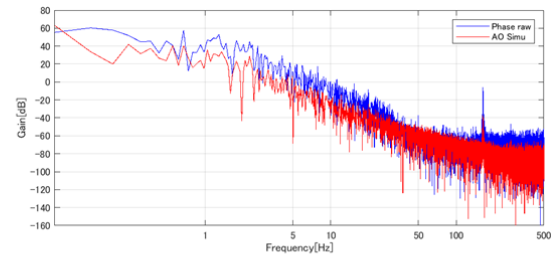
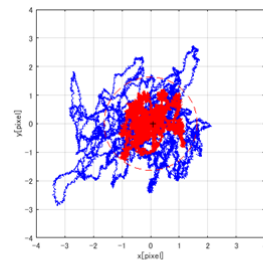


図3 外乱オブザーバのシステム概念 (左: 従来の制御系, 右: 外乱オブザーバを使用した制御系)

■ シミュレーション
PID制御器での制御

波面のゆらぎを
約37%に抑圧



■ シミュレーション
外乱オブザーバを使用

波面のゆらぎを
約13%に抑圧

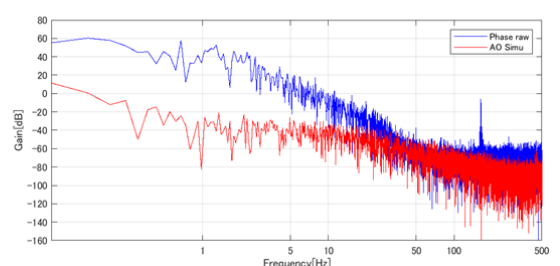
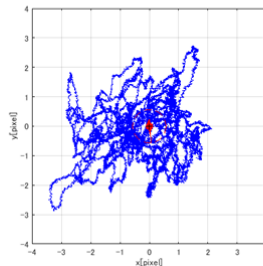


図4 外乱オブザーバを用いたAO制御シミュレーションの図
(SH-WFSの1開口の焦点重心の移動の様子, 青線は無制御時, 赤線は制御時を示す)