

第 6 章

LED 受光実験

6.1 実験概要

6.1.1 実験場所

なるべく迷光が少なく、暗い場所で実験を行うため福岡工業大学の施設、大分県由布市湯布院にある FIT セミナーハウス(東経 131.3186 北緯 33.2708 標高 771m)実験を行った。

6.1.2 実験日程

今回の実験においては、新月を目安に以下の日程で行った。

2012年 11月 20日~11月 22日

2012年 12月 12日~12月 14日

2013年 1月 16日~1月 17日

6.1.3 実験目的

FITSAT-1 に搭載されている LED を地上からコマンドを送ることで発光させ、地上で宇宙からの光信号を光電子増倍管で受信する。また迷光を極力減らすために、実験を行う場所はなるべく暗い場所を選定、上空には月が出ていない状態で行った。

尚、光信号は 10Hz, duty30%の矩形パルスを 5kHz, duty30%の副搬送波で変調したものである。(図 6.1)

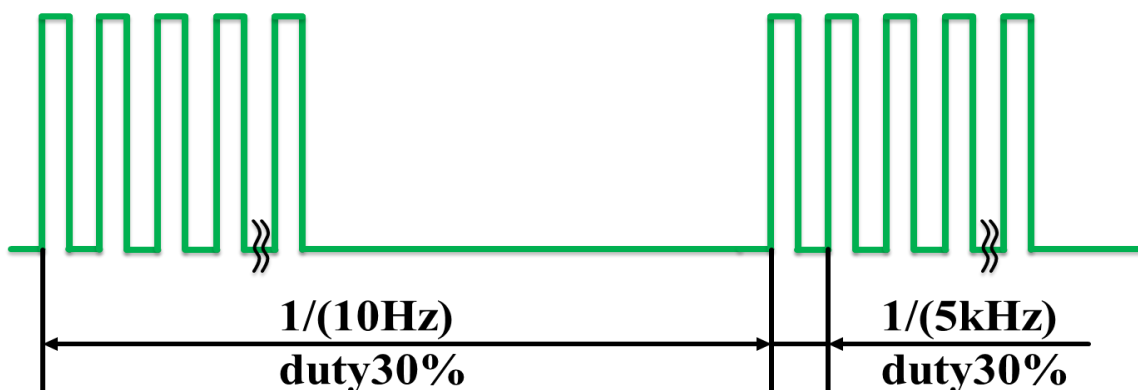


図 6.1 LED 信号の時間構造

6.1.4 受信判定方法

受光した光を確認する為に以下の方法を用いて行った。

- 光電子増倍管からの信号をそのままみる
- 高速フーリエ変換(FFT)による解析し、信号を確認する。

6.2 実験条件

実験における注意点、LED の発光タイミング、受光の位置は以下のようにになっている。

- 実験前には暗電流を測定し、光電子増倍管に異常がないかを調べておく。
- LED 発光時間は最大仰角時間の前後 1分(全 2分間)とする。

3) 最大仰角点で待ち信号を取得する。
 その他条件データは以下表 6.1 にまとめた。

表 6.1 衛星，光電子増倍管における各種実験条件

日付	試験条件							
	仰角	方位角	時間	PM感度(kV)	暗電流(mV)	受光面(mm ²)	迷光(mV)	信号有無
11月20日	32.3	321.4	3:32:00	2	1	20	50	×
11月21日	72.4	317	2:38:37	2	0.9	20	30	○
11月22日	悪天候の為不可							×
12月12日	32.7	39.1	1:23:40	2	0.3	20	37.6	×
12月13日	37.3	228.3	2:04:55	2	0.6	46	182.9	○
12月14日	83	45.3	1:09:57	2	0.7	20	33.8	○
1月16日	58.1	317.8	4:20:47	2	1.3	46	155.6	○
1月17日	悪天候の為不可							×

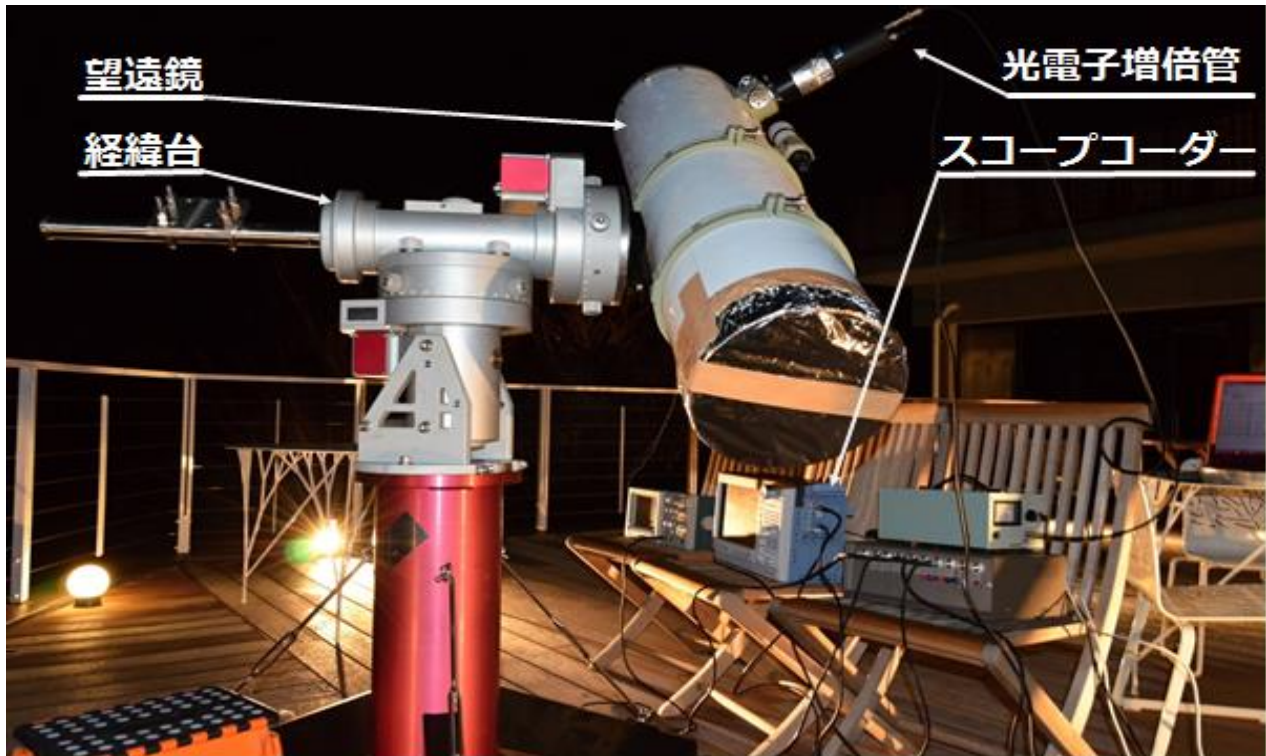


図 6.2 湯布院 FIT セミナーハウス実験風景

6.3 実験結果

今回の実験では 8 回中 4 回の信号の取得に成功した。取れなかったものは悪天候や仰角が低かった為である。12 月 14 日に取れた信号は未処理の状態，受信判定方法(a)で唯一信号を確認することができた。(図 6.3)

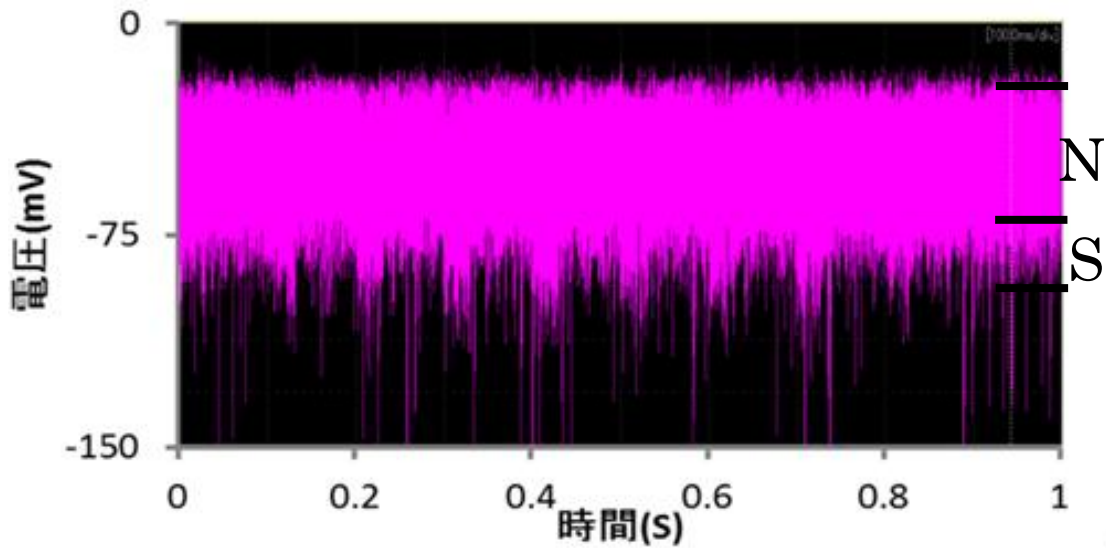


図 6.3 LED 信号データ(N:ノイズ S:信号)

また FFT, 受信判定方法(b)を行った結果

- 1) 約 5kHz のところに波形が出ている.
- 2) 10Hz ごとに波形が出ている.
- 3) 5 本の波形の半値幅が約 30Hz である.
- 4) 信号 1 つ分の半値幅が信号受信した時間の逆数になっている.

以上のように元の信号を説明できる解析結果が出ていたことから受信に成功したといえる

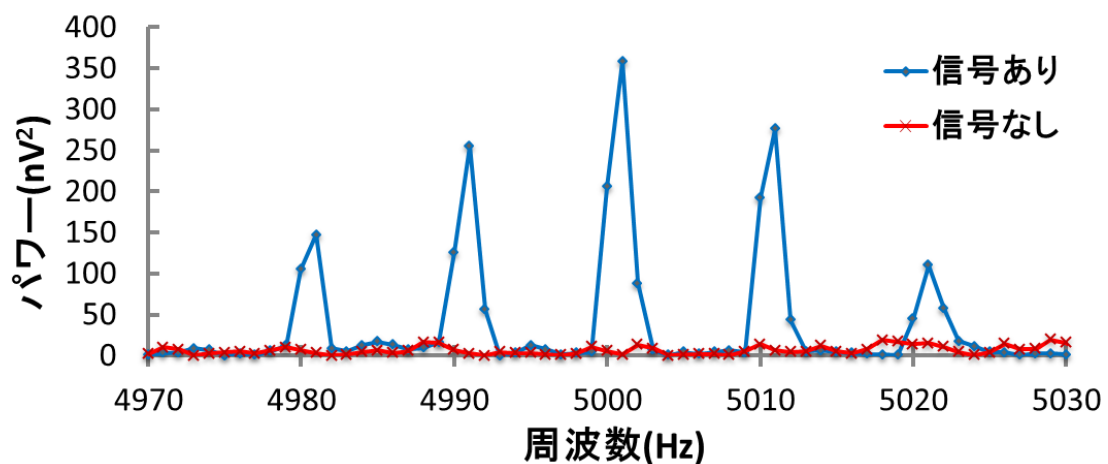


図 6.4 点数 1M における高速フーリエ変換の結果(11 月 21 日)

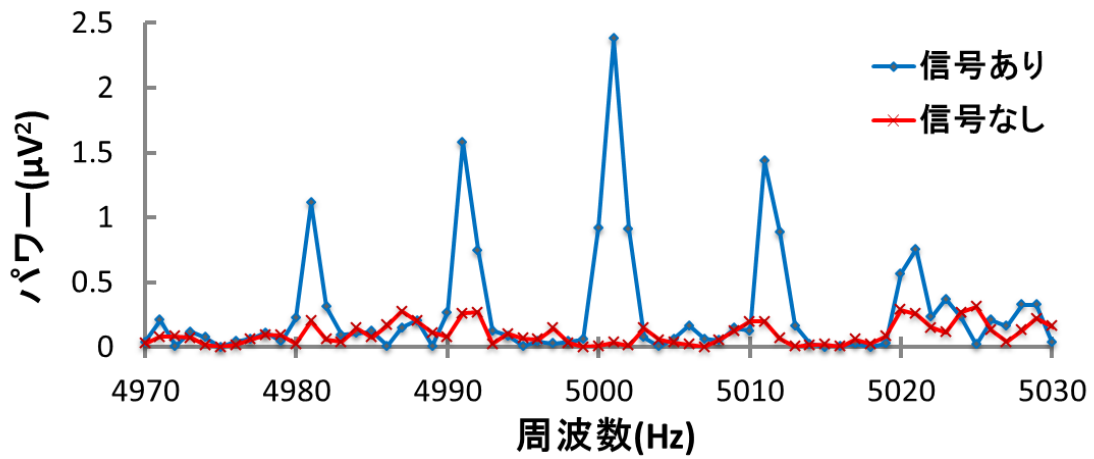


図 6.5 点数 1M における高速フーリエ変換の結果(12月13日)

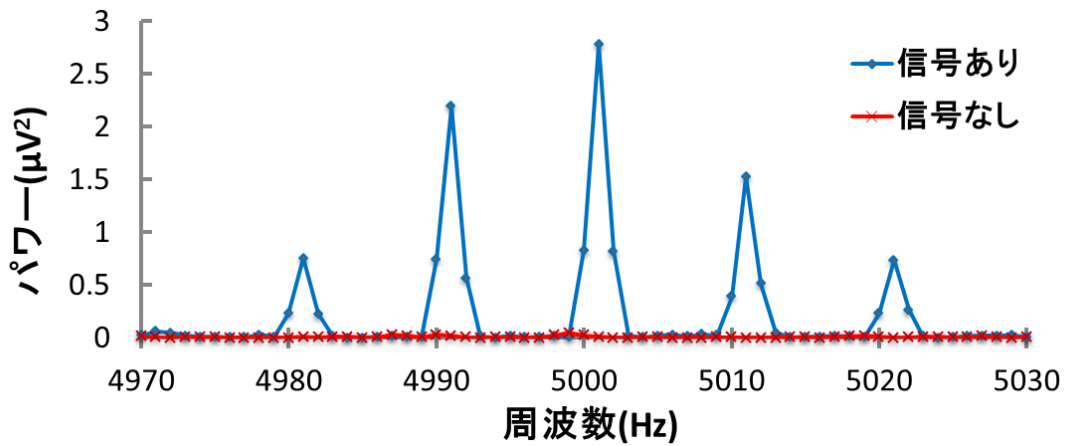


図 6.6 点数 1M における高速フーリエ変換の結果(12月14日)

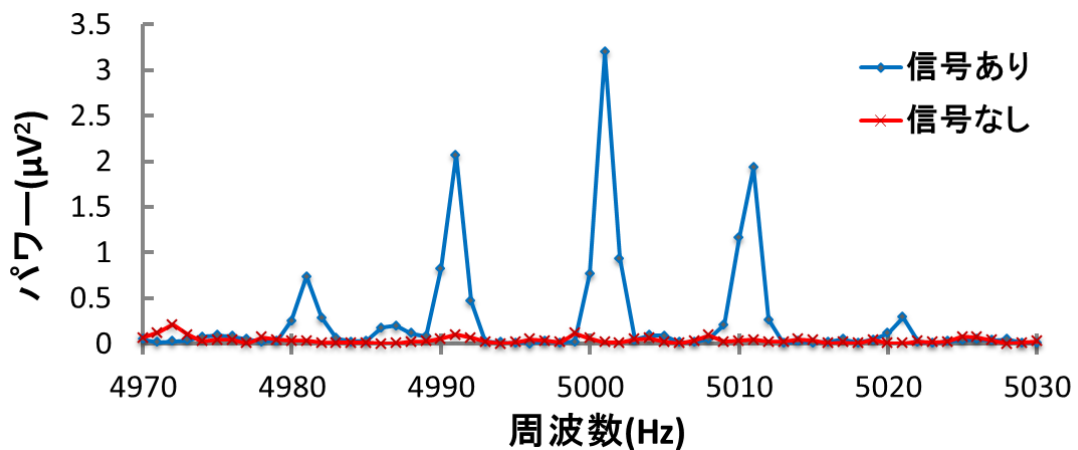


図 6.7 点数 1M における高速フーリエ変換の結果(1月16日)

6.4 解析考察

6.4.1 FFT 解析による考察その1

今回取得した信号を FFT 解析した結果、信号全体が受信出来た日程ですべて+1Hz ほどずれていることが確認された。

そこでなぜそのようなことが起こったのかを調べる為、実際に宇宙に上がっている衛星と同じモデルを使い、地上で光電子増倍管を使い信号を取得し FFT 解析を行った。

その結果、信号全体が-9Hz ほどのずれていることが確認できた。(図 6.7)

このことから発光システム(プログラム)によるもの、また実験の条件によって解析後の周波数のずれが発生していると考えられる。

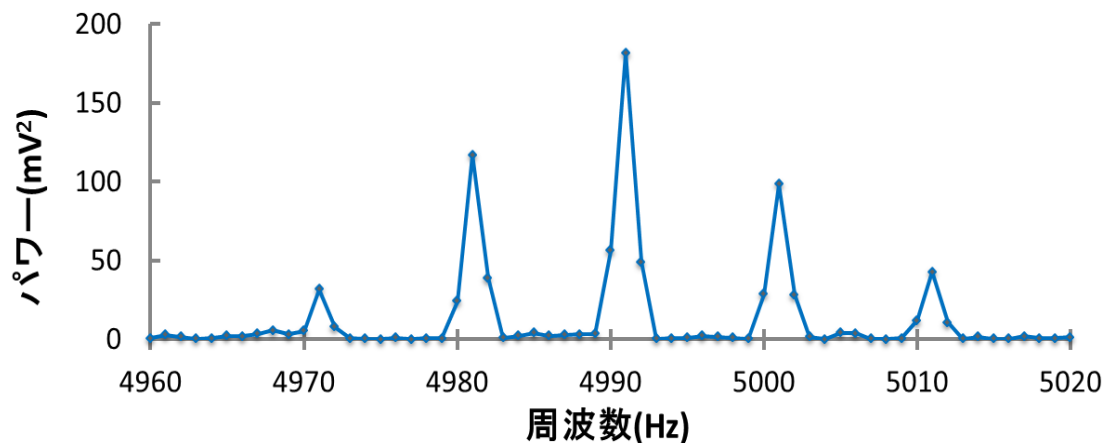


図 6.8 点数 1M における高速フーリエ変換の結果地上モデル使用版

6.4.2 FFT 解析による考察その2

今回取得できた信号で FFT の点数範囲をどこまで狭めて解析結果がでてくるかを 12 月 14 日の受信データを使い調べてみた。その結果点数 1K(0.001 秒)の範囲まで元波形の解析結果がでてきた。このことから 1 秒間に 1000 回データを送っても識別できるということが分かった。

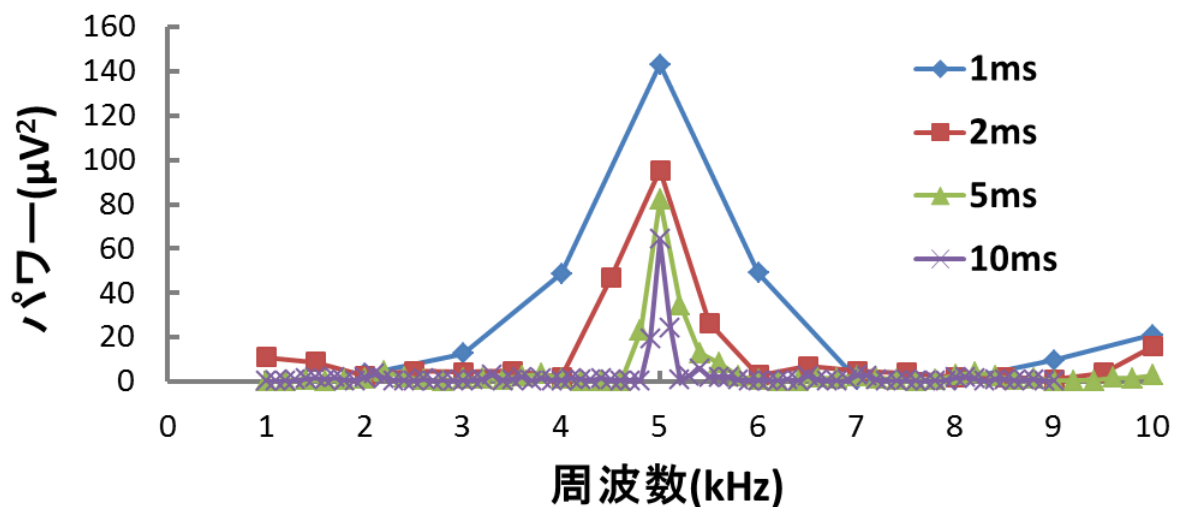


図 6.9 高速フーリエ変換における点数範囲限界

6.4.3 FFT 解析による考察その 3

元の波形をノイズ減少の状態で復元するために点数範囲 10K ごとに FFT 解析を行いつなげたと
ころ, 元の波形少しだけ確認できる程度の復元が行えた.

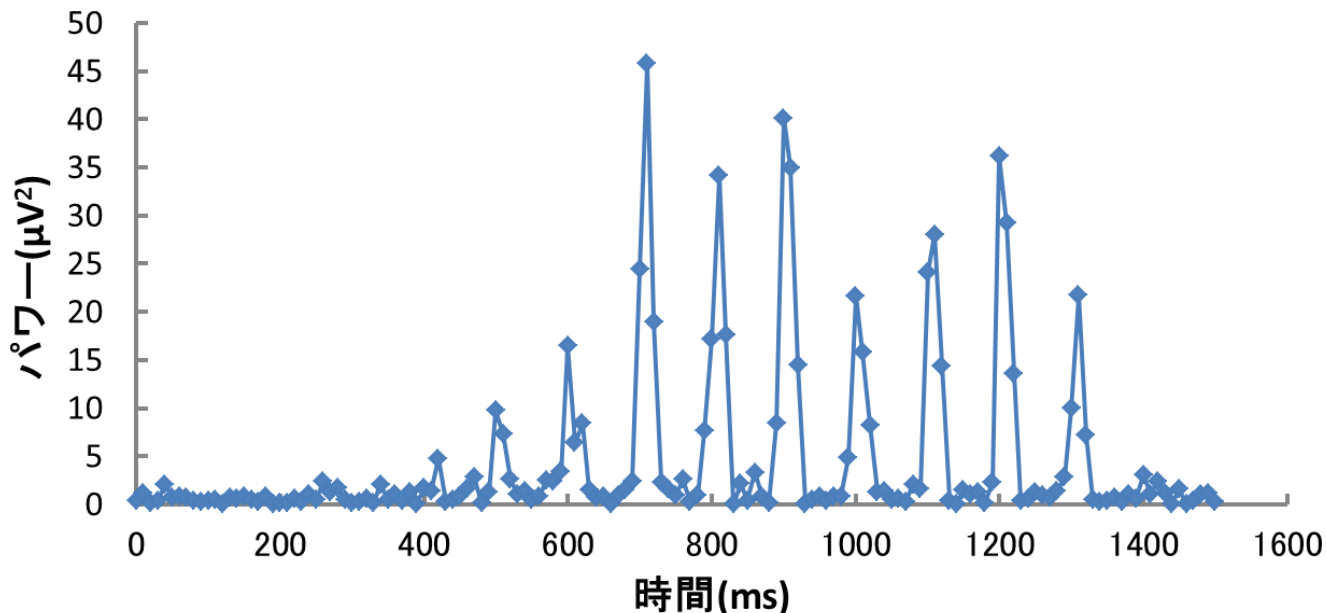


図 6.10 短時間(10k)高速フーリエ変換による信号の再構築

6.5 実験体制

福岡工業大学地上局から衛星にコマンドを送り, LED を発光させ湯布院 FIT セミナーハウスで光
信号の受信を行った.点灯時間は予め点灯が予測されている約 1 時間前の衛星情報で決定してコマ
ンドを送信した.また衛星にコマンドが送られたかを確認するため, 実験前後は携帯電話で連絡を取
り合った.以下に人員配置を示す.

送信側:田中健太(コマンド送信)

受信側:木下竜郎(受信装置設定, 解析)

西元康平(機器のアライメント)

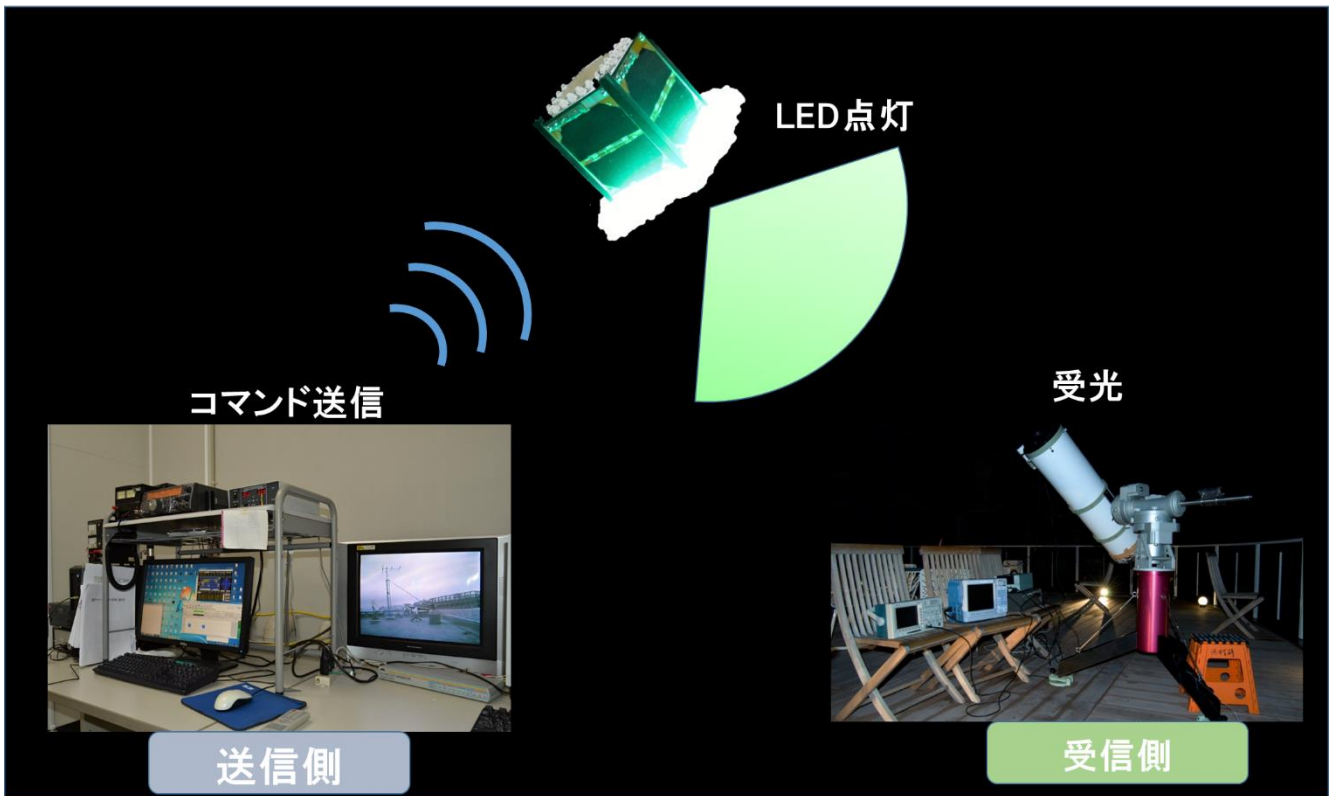


図 6.11 実験体制

第 7 章

結言

結言

1. 構造解析を行い衛星が打ち上げ時，放出時において破壊，分解されないことを証明し，JAXA における審査を通過した.
2. 各種環境試験を行うことで打ち上げ時，放出後の宇宙環境においても衛星の各種機器が動作することを確認し，JAXA に無事衛星を引き渡すことができた.
3. LED 光の受信に成功，また光信号の同定ができた.

謝辞

本研究では JAXA の方々，九州工業大学の方々，FITSAT-1 プロジェクトの方々，大学関係者の方々には，FITSAT-1 の製作，実験において大変お世話になりました．ここに深く謝意を表します．

参考文献

- (1) Excel で学ぶフーリエ変換:Excel 2010 対応版/渋谷道雄，渡辺八一共著
- (2) 高校数学でわかるフーリエ変換:フーリエ級数からラプラス変換まで/竹内淳著