

赤外干渉計のシミュレーションとLO光位相制御に関する検討
Simulation of the CRL Infrared Spatial Interferometer experiments
and a Study on the Phase Control of LO Signals

吉門 信、高見英樹、有賀 規

Shin YOSHIKADO, Hideki TAKAMI, and Tadashi ARUGA

郵政省通信総合研究所

Communications Research Laboratory

Abstract

We have developed a two-element infrared spatial interferometer system (CRL-IRSI) and performed experiments for the verification of its fundamental functions and performances. Active coherent imaging experiments are now in course of preparation as a new stage of technical confirmations. Concurrently, we have been making computational studies on the experiments in order to establish the imaging technique and estimate various effects of condition changes on image qualities. Here, the effects of baseline distortions, as well as those of target movements, on processed images are investigated with a brief introduction of the need of the phase control of LO signals.

1. はじめに

赤外(空間)干渉計(Infrared Spatial Interferometer: IRSI)は、複数の素子望遠鏡で受信した赤外光信号を検波・処理することによって、単一開口の望遠鏡では到達できない、極めて高い角度分解能 $\Delta\theta \sim \lambda/L$ (λ :観測波長; L :基線長)のイメージング(像再生)を可能とする開口合成望遠鏡であり、各国で開発研究が続けられている。CRLにおいても、最も単純な構成である単一LOレーザ2素子赤外干渉計(CRL-IRSI)を開発し、基本的な機能・性能の検証実験を行ってきた。次の段階として現在準備中のActive Coherent Imaging(ACI)実験は、LOレーザとは別のCO₂レーザを光源として、遠方に置いた反射器(点光源と見なされる)のイメージングを行うものであるが、この準備と並行して実験の計算機シミュレーションを行い、想定される様々の条件の変化がもたらす再生像への影響の調査・研究を進めている。

2. ACI実験の方法とシミュレーション

単一LOレーザ2素子赤外干渉計の概念図をFig.1に、またACI実験における干渉計の基線と反射器の配置をFig.2に示す。光源のCO₂レーザは、Fig.2下部の基線(最大長 $L_{MAX} = 2.25m$)

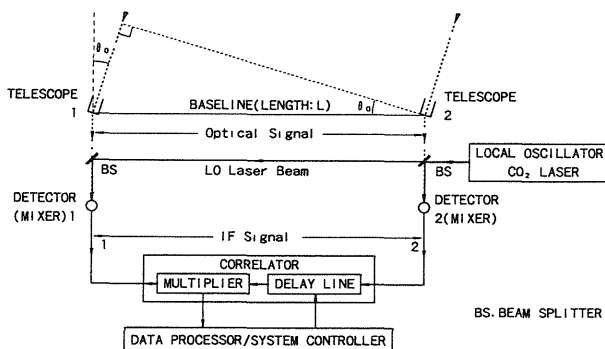


Fig.1 Schematic diagram of a two-element infrared interferometer.

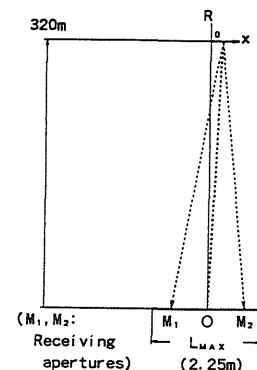


Fig.2 Configuration of active coherent imaging experiments.

の中央に置かれる。また反射器は、基線の垂直二等分線上に 320m 離れた点を原点として、基線と平行な方向 (x 軸上) に可動な直線移動ステージに取り付けられる。反射器によって受光鏡 M_1 及び M_2 に戻ってくる CO_2 レーザー光は、Fig.1に示すようにヘテロダイン検波され、IF信号に変換されて相関器に入力される。この実験では、xの絶対値が反射器までの距離に比較して極めて小さいので、相関器の遅延装置(線)による信号遅延時間 $\tau=0$ として、受光鏡の間隔Lを連続的に伸長させると、相関器出力(V_c)は信号光の M_1 及び M_2 への到達位相差の変化を反映する、Lの周期関数となる。この周期は反射器位置xによって決まり、反射器が複数の場合にはそれぞれに対応する周期関数を重ね合わせたものとなるので、Fourier変換によって得られる各周期のピークを、直接に各反射器の再生像と見なすことができる。計算機シミュレーションの内容は、この実験配置を前提としてこれに様々な条件変化の想定を加え、独立変数x及びLの関数として V_c 、及びFourier変換による再生像を求めることである。

3. 移動物体のイメージングとLO光位相制御

シミュレーションの結果については講演で詳しく報告することとし、ここではLO光位相制御に関連する移動物体のイメージングの一例のみを Fig.3及び Fig.4に示す。Fig.3は $x=10\text{cm}$ 及び $x=10.5\text{cm}$ に置かれた直径2mmの2個の反射器を、基線を0から2mまで伸長させて観測する場合に予測される相関器出力(A)とそのFourier変換による再生像(B)である。また Fig.4は、この観測の間に反射器がx軸の正方向に1mm(基線中央から見て $3.125\mu\text{rad}$)だけ等速移動すると仮定し、それ以外はすべて同じ条件で計算された結果である。移動速度がさらに大きい場合には、像の劣化は当然大きくなり、ついにはイメージング不可能となる。移動物体を観測する場合には、このような移動による信号光位相関係の変化がもたらす影響を補償するために、ヘテロダイン検波のLO光の検出器間位相差を制御する必要がある、今後の重要な技術開発課題である。

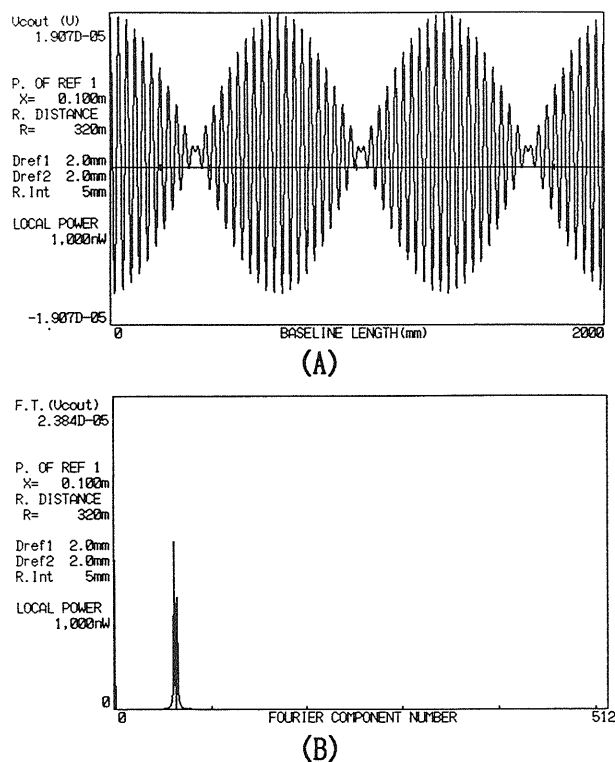


Fig.3 Computed correlator output(A) and images(B) in case of observing two fixed adjacent reflectors.

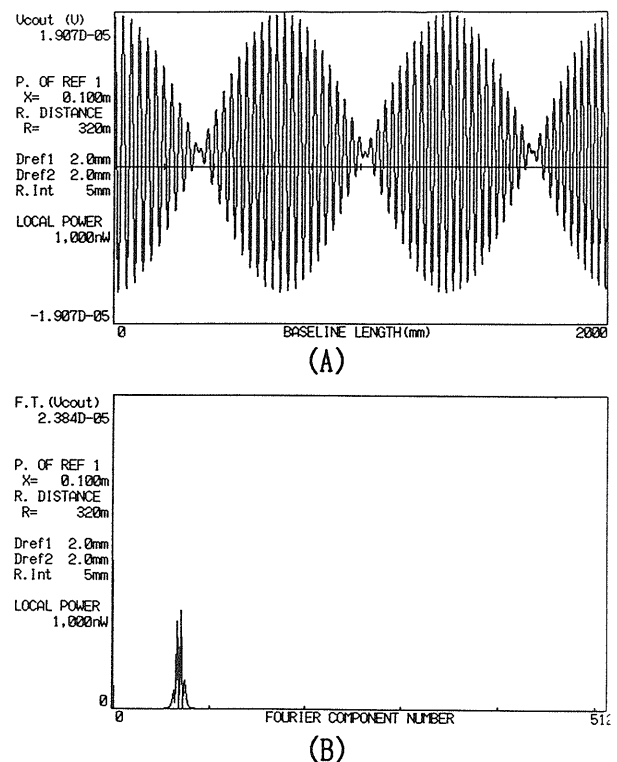


Fig.4 Computed correlator output(A) and images(B) in case of observing two moving adjacent reflectors.