

# 最近の技術から

## 防災ロボット用視覚センサー

内藤 宏之

松下技研(株) 〒214 川崎市多摩区東三田 3-10-1

### 1. ま え が き

火災を想定した災害環境下で動作する防災ロボットには、煙や焔を透してその背後にある対象物を探索するため、不可視情報を可視化できる3次元視覚センサーが要望されている。一般的な光を使った3次元視覚センサーとしては、三角測量法、光切断法、パターン投影法、立体視法、光学焦点法、位相検出法<sup>1,2)</sup>等の技術を応用したものがある。防災ロボット用視覚センサーは、対象物が特定されず、また数mから数十mの距離計測ができる必要があり、最適なセンサーは見あたらない。われわれは、煙や焔の伝播特性の優れたCO<sub>2</sub>赤外レーザーを2次元走査するアクティブ型の「レーザー視覚センサー」を研究開発しており<sup>3-5)</sup>、ここではその概要を紹介する。

### 2. レーザー視覚センサーの原理

「レーザー視覚センサー」の原理は、CO<sub>2</sub>赤外レーザー光を2次元走査しながら対象物へ照射し、対象物からの反射光を検出して距離および反射明暗画像を形成するものである。距離計測方式はレーザー光を高周波振幅変調して照射し、反射光の復調信号と元の変調信号を比較して、その位相差から光の伝播時間を算出し距離を求め

る、振幅変調・位相比較方式である。明暗画像はレーザー反射光の反射強度を輝度に変換して形成している。

図1はレーザー視覚センサーの原理構成図である。センサーシステムはCO<sub>2</sub>レーザー光源、光変調器、2次元スキャナー等からなるレーザー照射系、赤外検出器等からなるレーザー反射光受光系、位相信号・振幅信号分離回路等からなるレーザー信号処理系、画像処理・表示系等から構成される。

### 3. 光学回路系

「レーザー視覚センサー」の主要部を形成する光学回路系を図2に示す。ウェーブガイド型CO<sub>2</sub>レーザー発振器から単一モードの連続光(約2W)を取り出し光源とし、その光出力の約5%はビームスプリッタBS1により分離し、ヘテロダイン検波用参照光としている。BS1を透過した残りの光の約38%が、変調器により振幅変調された1次回折光として照射光に利用される。対象物からの反射光はミラーM4を経て参照光とミラーBS3上で混合され、赤外検出器(HgCdTe)によりヘテロダイン検波され電気信号に変換される。図中のHe-Neレーザーは光学系調整用で計測には関係ない。

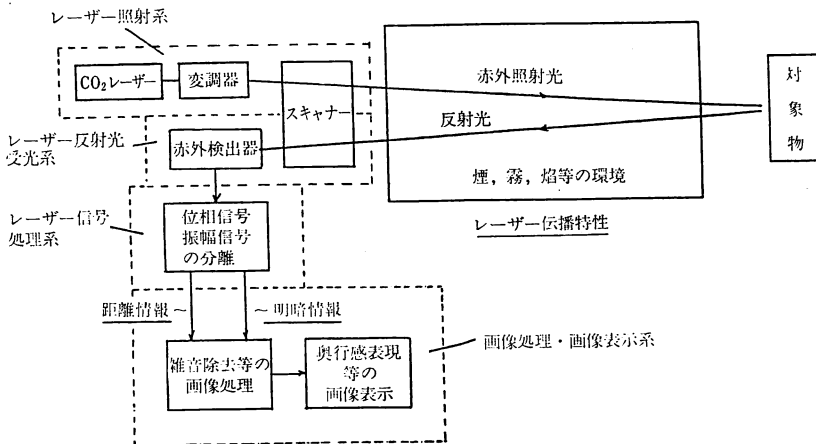


図1 レーザー視覚センサーの原理構成図

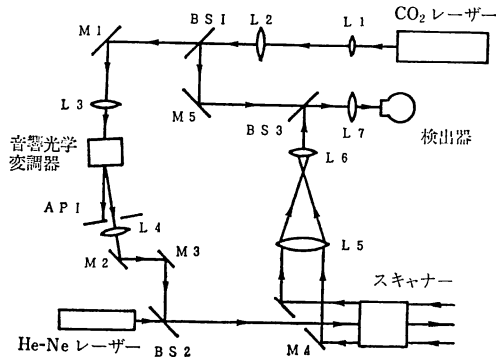


図2 視覚センサーの主要光学系

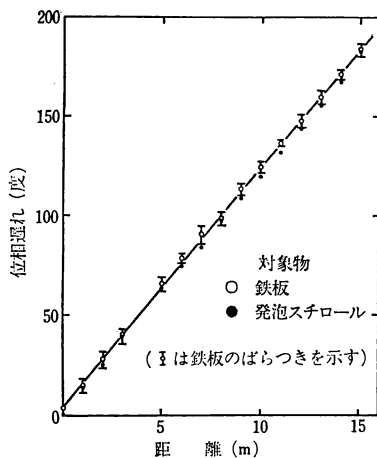


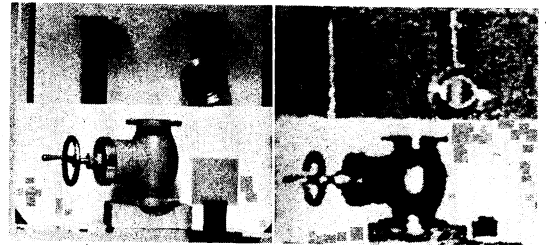
図3 直接検波法による距離計測の例

#### 4. 距離計測の実験例

対象物からの反射光がある程度のレベル以上あれば、ヘテロダイン検出によらず普通の直接検波法で検出できる。この方法により、鉄板と発泡スチロールの対象物について距離計測（位相遅れ）を行なった結果、理論値からの最大ずれは 30 cm であった。図3に示すように鉄板の場合は測定値のバラツキが大きい。これは対象物の表面に微小な傾きが存在し、レーザー光の正反射量が微妙に変化して位相測定に影響を与えているためと思われる。また発泡スチロールの場合は測定値のバラツキが小さい。これは対象物の表面が拡散面に近く、比較的均一な反射特性をもっているためと考えられる。

#### 5. 災害環境を透した赤外画像形成

照射レーザー光をスキャナーにより2次元走査して得



(a) 対象物 (b) 焰を透した距離画像  
図4 焰環境を透した対象物の画像形成

られた明暗情報と距離情報は、メモリに取り込み後、画像表示装置に画像として表示する。今回の実験に使用したスキャナーは 80 mm 角のミラーをメカニカル走査したもので、画素数は 128×128/画面である。

図4は、30 cm×30 cmの火焰幕4枚よりなる焰環境を透して対象物の距離画像形成を行なった結果である（手前を明るく、遠くを暗く表示）。これより画像は焰によるゆらぎの影響を受けてはいるが、人間の目では全く見えない対象物が十分可視化できている。この実験に使用した焰環境のレーザー光透過率は約 77%，対象物までの距離は 4.6～7.2 m である。視覚センサーの測定可能範囲は 1～30 m で、その距離分解能は 30 cm 以下であった。また、煙や霧の環境を透しても同様な画像が得られた。

以上の結果から、赤外レーザー光を用いたアクティブ型視覚センサーは災害想定環境に強い特徴をもっており、防災ロボットの目として有用な視覚センサーといえる。

なお、本研究は通産省工業技術院大型プロジェクト「極限作業ロボット技術の研究開発」の一環として行なわれたものである。

#### 文 献

- 1) J. Y. Wang, *et al.*: "Imaging CO<sub>2</sub> laser radar field test," *Appl. Opt.*, **23** (1984) 2565-2571.
- 2) D. M. Zuk, *et al.*: "Three-dimensional vision system for the adaptive suspension vehicle," E. R. I. M. Rep. (1983) 170400-3-F.
- 3) 高橋秀実, ほか: "レーザーレーダー3次元視覚センサー", 第5回ロボット学会講演会 (1987) pp. 375-376.
- 4) 内藤宏之: "炭酸ガスレーザーによる三次元画像形成", 88 精密測定シンポジウム, Session 1 (1988) pp. 9-17.
- 5) 極限作業ロボット技術研究組合: 62年度極限作業ロボット研究開発成果発表会予稿集 (1988) pp. 254-258.

(1988年9月1日受理)