

E 5

移動ロボット用レーザーレーダ3次元視覚センサ

Laser Rader 3-D Vision Sensor for Mobile Robot

高橋秀実、木村 実、山田 修、内藤宏之

(Hidemi Takahashi, Minoru Kimura, Osamu Yamada, and Hiroshi Naito)

松下技研株式会社

(Matsushita Research Institute Tokyo, Inc.)

SYNOPSIS: A CO₂ laser radar for robotic vision is developed. The amplitude of a CO₂ laser beam is modulated sinusoidally. The distance is measured as the phase difference between the detected return light signal and the reference one. The range image is obtained when the beam is scanned. The resolution of 30cm is achieved at the modulation frequency of 5MHz.

1. まえがき

移動ロボットのための視覚センサとして3次元情報を取り込むことのできる測距装置が注目されている。対象物までの光の往復時間を測定することにより距離を求めるレーザー方式は、死角を生じず、直接的に距離情報が得られるという利点を有するため、災害現場において活動する移動ロボットのために、霧や煙に対して透過性のすぐれた波長10.6μmのCO₂レーザーによる3次元視覚センサの開発を進めている。レーザー光を走査し、距離画像が得られたので、報告する。

2. 測距システムの構成

本方式による測距原理は、正弦波状に振幅変調したレーザー光を対象物に照射し、対象物からの散乱光の検出波と基準波との位相差φを求めることにより、対象物までレーザー光が往復する時間を測定するものである。対象物までの距離Lは

$$L = c \phi / 4 \pi f_m \quad (1)$$

で与えられる。ただし、cは光の速度、f_mは振幅変調波の周波数である。

測距システムの構成の概略をFig. 1に示す。光源のレーザーは出力2Wのウェーブガイド型CO₂レーザーを用い、音響光学変調器(AOM)によって5MHzで振幅変調された回折光を得る。この回折光をスキャナーを通して2次元走査し、対象物に照射する。対象物からの散乱光は、液体窒素

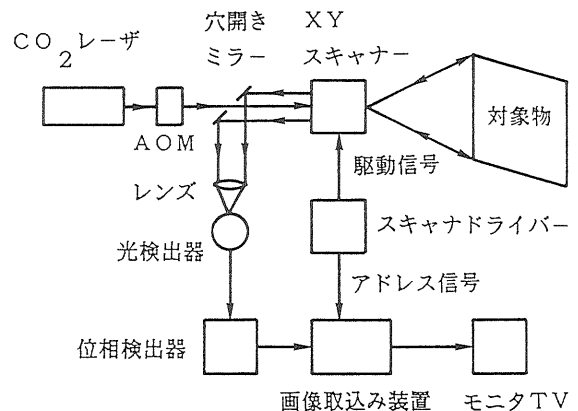


Fig. 1 測距システムの全体構成図

冷却HgCdTe検出器によって検出される。検出された5MHzの成分の位相遅れを位相検出器によって検出し、距離を求める。変調周波数が5MHzのとき(1)式より360度の位相差が30mの距離に対応する。散乱光の検出には直接検波ならびにヘテロダイン検波を用いた。

スキャナーはスキャナードライバからの信号により駆動される1組のガルバノミラーによって構成され、最大スキャン角は20°×20°である。スキャナードライバは画像取り込みのためのアドレス信号も出力し、位相検出器からの信号は画像取り込み装置でアドレス信号に応じた番地に記録される。画素数は128×128である。取り込まれた画像はモニターTVで表示されるとともに、コンピュータへ転送され、画像処理ができる。

3. 測距実験

3.1 レーザ光を走査しない測距実験

対象物にCO₂レーザ光を照射したとき正反射の位置に光は反射されるとともに広い方向に散乱光を生じる。反射光ならびに散乱光の強度は対象物の材質、表面状態によって異なっている。レーザ光による測距精度を評価するために初めにレーザ光を走査せずに、ほぼ正反射の位置になるように対象物の傾き角を調整して測距実験を行なった。

ヘテロダイン検波に関しては同一の光学系を用いれば、直接検波よりSN比が10~20dBよい結果が得られたが、現状では位相検出ゆらぎが大きいため同期復調回路系を改良中であり、以降直接検波による測定結果を述べる。

対象物に鉄板および発泡スチロールを用いたときの距離に対する位相遅れの測定結果をFig.2に示す。位相誤差の中心において±30cmの精度で測距が行なえている。

3.2 距離画像形成実験

レーザ光を2次元走査し、対象物からの散乱光の位相を検出して距離画像が得られる。対象物として発泡スチロールの段差を用いた場合の位相出力の測定結果をFig.3に示す。各画素の測定誤差

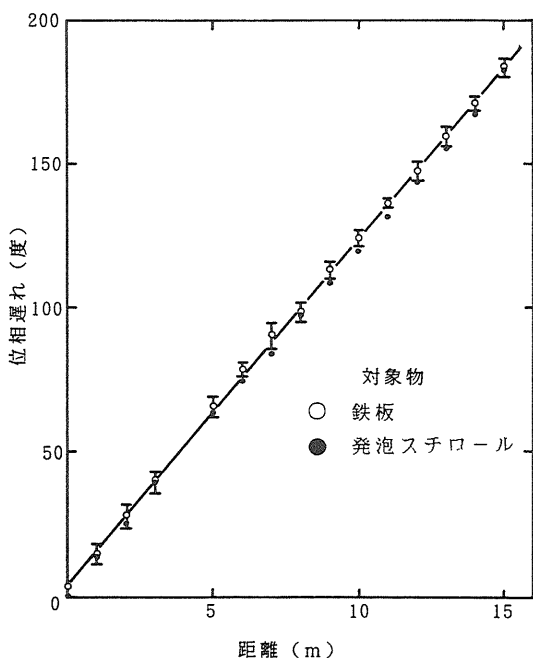


Fig.2 測距結果例

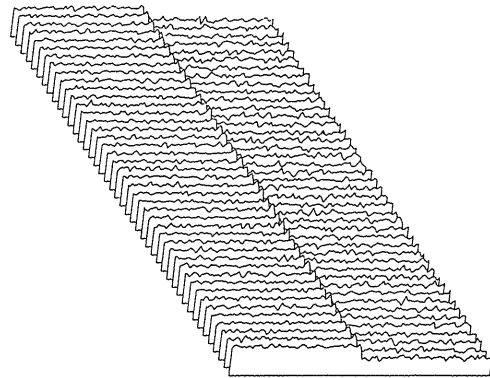


Fig.3 段差の位相測定結果

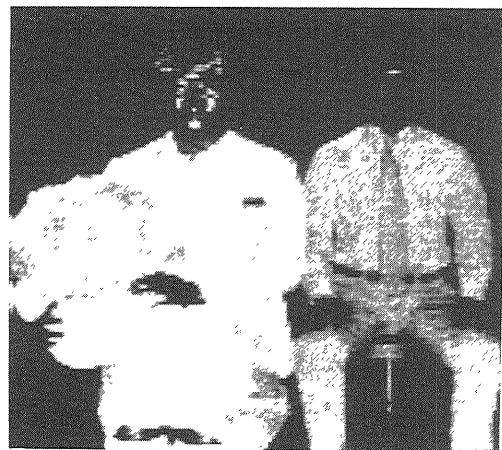


Fig.4 距離画像の例

は±30cmであり、1mの段差が充分識別できている。対象物が2名の人間であるときの距離画像をFig.4に示す。距離の近い画素ほど明るくなるような濃淡表示を行なっている。人間の肌のような散乱光が微弱な点では位相検出が行なわれておらず、位相電圧は0としている。2名の人間の間の1.2mの距離による位相差が識別できる。

4. むすび

レーザレーダ方式による測距実験を行ない、距離画像が取得でき、移動ロボットのための3次元視覚センサとして基本的な原理の検証ができた。距離画像の取り込みに要する時間は16秒/画面であるが、これはスキャナーの走査時間であり、高速スキャナーにより短縮することが可能である。

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』の一環として行なわれたものである。