

# モード間干渉を利用した光導波型流量センサ — センサ感度の導波路位置依存性 —

## Guided-Wave Optical Flow Sensor Using Intermode Interference

Dependence of Sensor Sensitivity on Waveguide Position

工藤悠佑\*, 安達慎史\*, 大河正志\*\*, 佐藤孝\*\*

Yusuke Kudo, Masafumi Adachi, Masashi Ohkawa, Takashi Sato

\*新潟大学大学院 自然科学研究科, \*\*新潟大学 工学部

Graduate School of Science and Technology, Niigata University Faculty of Engineering, Niigata University

### 【はじめに】

光導波型流量センサは、無誘導性や防爆性などの利点を有し、可燃性ガス雰囲気中や強電磁場環境下などの悪環境下でも安全性の高いセンシングが行えるものと期待されている[1]。また、本センサの感度は、ダイヤフラム上に作りつける導波路の位置に依存することが理論的に予想されている。今回、センサを試作して、その依存性について実験的に評価したので報告する。

### 【光導波型流量センサの構成と動作原理】

センサはダイヤフラムとダイヤフラム上を通る光導波路からなる。ダイヤフラムの中央には、流体の通り道となる小孔を穿ってある。

流体がダイヤフラムの小孔を通過するとき、ベルヌーイの定理に従って、ダイヤフラムに圧力差が生じる。この誘起圧力差により、ダイヤフラムがたわみ、ひずみが生じる。そして、光弾性効果により導波路の屈折率が変化し、導波路を伝搬する TM、TE-like モード間に位相差  $\Delta\phi_0$  が生じる。最終的に、この位相差は検光子により光強度に変換される。

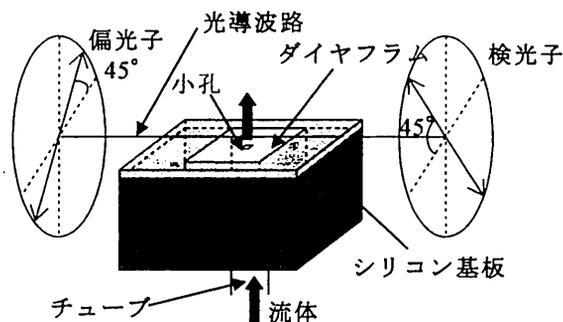


図1 光導波型流量センサの概略図

### 【センサの特性】

ダイヤフラムでの誘起圧力差  $\Delta p$  は流量  $Q$  の 2 乗に比例する。出力光強度は誘起圧力差  $\Delta p$  を使って、

$$I = I_0 \sin^2 \left( \frac{\pi \cdot \Delta p}{2 \Delta p_\pi} + \frac{\Delta\phi_0}{2} \right) = I_0 \sin^2 \left( \frac{\pi \cdot Q^2}{2 Q_\pi^2} + \frac{\Delta\phi_0}{2} \right)$$

と表せる。ここで、 $\Delta p_\pi$  は半波長圧力で、 $Q_\pi^2$  は半波長 2 乗流量を表す。これらの量は、 $\pi$  rad の位相差を誘起するのに必要な圧力あるいは 2 乗流量を表す。本研究では、半波長 2 乗流量の平方根  $Q_\pi$  をセンサ感度として使用する。

### 【流量—出力特性の評価】

今回、導波路位置依存性を評価するため、ダイヤフラム上には 30 本の導波路を作製した。試作センサに流量 0 ~ 1000 cc/min の酸素ガスを流し、出力光強度を測定した。なお、光源には He-Ne レーザ(波長 632.8nm)を用いた。図 2 は測定結果の 1 例である。また、図 3 はセンサ感度の実験値と導波路位置の関係である。

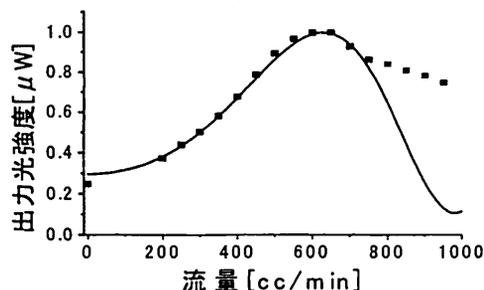


図2 正規化出力光強度測定結果

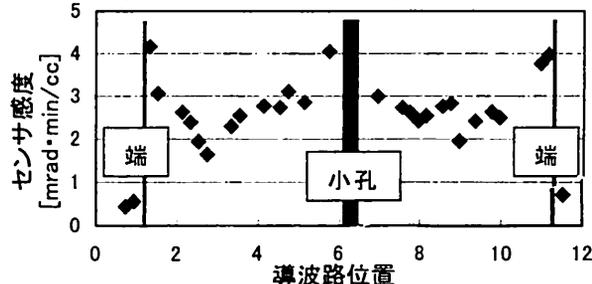


図3 各導波路位置のセンサ感度

図 2 より、800cc/min 以上の流量において、光強度に正弦関数状の変化が見られず、ほとんど変化していない事が分かる。これは、流量の増加により、小孔通過後の流体の流れが乱流となったためではないかと考えている[2]。また、図 3 より最大感度はダイヤフラムの端に設けた光導波路で得られた。小孔付近については、今回作製したセンサで確認できた導波路が 1 本しかなく、信頼性の高い結果とは言い難い。

### 【まとめ】

センサ感度の導波路位置依存性について調べた。その結果、ダイヤフラム端で感度が高くなることが分かった。小孔付近のセンサ感度については、再度作製を行い、明らかにする必要がある。今後は、小孔サイズによるセンサ感度依存性を調べる予定である。

### 参考文献

[1] Y. Ohara, M. Tsuchiya, M. Ohkawa, S. Sekine, T. Sato, OIE'05, pp77-78, 2005

[2] 石綿 良三, 「流体力学入門」, 森北出版株式会社, pp27-29(2000)