



図3 慣性ユニット外観写真

れる。

$$I = \frac{1}{2} (E_1^2 + E_2^2) + E_1 E_2 \left\{ J_0(\xi) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} J_{2n}(\xi) \cos 2n \omega_m t \right\} \cdot \cos \phi_r + E_1 E_2 \left\{ 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n J_{2n-1}(\xi) \cos (2n-1) \omega_m t \right\} \cdot \sin \phi_r \quad (3)$$

ここに E_1, E_2 は CW 光及び CCW 光の振幅、 J_n は n 次の第 1 種ベッセル関数、 ξ は位相変調度に比例するパラメータである。この中から基本周波数成分の振幅は、(3)式を ω_m で同期検波することによって直流電圧レベルに変換される。

3. FOG の開発動向

前述の minimum configuration に加え、位相変調周波数とファイバ長の関係、光 Kerr 効果、Faraday 効果への配慮等、FOG の高性能化のための研究が続けられ、並行して定偏波光ファイバや低コヒーレンス光源等のコンポーネントの開発が進められてきた。この結果、ドリフトについては既に慣性航法レベルの性能が実現されている。現在次のステップとして、スケールファクタの安定性やダイナミックレンジ拡大のための技術開発が行われている。(3)式から得られる信号は、位相差 ϕ_r の \sin に比例するが、その係数である光の振幅や位相変調の深さが環境温度等の変化によって変動する。また \sin の形での検出であるため高速回転への追従に問題が残る。これらを解決する方法として光の位相差を直接に零位法により検出する closed loop の構成が提案されている。光路中に広帯域の相変調器を挿入し、これにノコギリ波状の信号を加え、変調信号の周波数に比例した位相差を発生させる Serrodyne 方式の研究が盛んである³⁾。

これらの研究と並行して、現状技術レベルでの実用化の動きも活発である。open loop 構成が持つ先の問題点を電氣的またはソフトウェアで補正することによって、対象とするシステムにとって必要な範囲でのスケールファクタ安定性とダイナミックレンジを確保する方向である。米国をはじめとする海外ではミサイルやビジネス航

空機等の用途をターゲットに開発が進められている⁴⁾。また、国内では1991年の中頃から乗用車のナビゲーションのためのセンサとして量産車への搭載が始まった⁵⁾。

4. ロボットへの適用例と今後の展望

FOG をロボットに適用する例として最もオーソドックスなものは、移動ロボットの位置や姿勢を検出するためのセンサとして用いるケースである。通産省工業技術院が 1991 年まで進めてきた極限作業ロボットのプロジェクトの中で開発された小型 FOG は、海洋ロボットに搭載され、ロボットの姿勢検出用として必要な性能を満たすことが実証実験により確認された⁶⁾。このシステムにおいては、最小検出角速度 1×10^{-4} deg/sec、ドリフト 3×10^{-5} deg/sec、 h_r の性能をもつ直径 60 mm の小型 FOG を 3 軸分直角に配置し、3 軸の加速時計とともに慣性ユニットを構成している。(図3)

また、将来 FOG の小型化が飛躍的に進み、腕や脚等の移動部分への組み込みが可能となるかもしれない。現状、多軸の腕等では先端の位置や方向を各軸に設けられたエンコーダのデータを演算処理して求めているが、超小型のジャイロを組み込むことができれば、これを直接検出するような装置が可能となる。FOG の小型化をさらに進めるためには、3 軸分を一体化したファイバコイルや、カップラや変調器等の光学系を全てワンチップ上に構成した光 IC の開発等が期待される。

参考文献

- 1) V. Vali and R. W. Shorthill "Fiber Ring Interferometer", Applied Optics Vol. 15, No. 5, pp. 1099-1100, (1976).
- 2) S. Ezekiel and H. J. Ardity "Fiber-Optic Rotation Sensors," pp. 2-26, Springer-Verlag, (1981).
- 3) B. R. Yumans, R. K. Bartman, P. M. Salomon, "Design and performance of a fiber optic gyroscope using integrated optics," SPIE Vol. 1169, pp. 310-322, (1989).
- 4) J. Blake, J. Feth, J. Cox and R. Goettsche "Design and test of a production open loop all-fiber gyroscope," SPIE Vol. 1169, pp. 337-346, (1989).
- 5) 小林祥延, 西浦洋三, 沢井孝典, "自動車用ナビゲーションシステムにおける光技術" オプトロニクス, No. 9, pp. 72-78, (1991).
- 6) Yozo Nishiura, Eisuke Sasaoka, Hiroshi Sugauma, Shigeru Semura, Akihiro Ooka and Yasutugu Doi "Fiber Optic Gyroscope for position detection," International Symposium on Advanced Robot Technology, pp. 167-171, (1991).



西浦洋三 (Yozo NISHIURA)

昭和55年3月京都大学工学部電子工学科卒業。同年4月住友電気工業株式会社入社。光導波路、光ファイバセンサ等の研究開発に従事。現在、光ファイバジャイロの開発を担当。