

BOF/DW-PNCR 系温度計測における波長変動の影響

Influence of Wavelength Fluctuation on BOF/DW-PNCR Temperature Sensing System

小松康俊 井上恵一 斧田誠一
Komatsu Yasutoshi Keiichi Inoue Seichi Onoda

(株)渡辺製作所
WATANABE Co., Ltd.

1. まえがき

筆者らはBOF*をセンサヘッドとするDW-PNCR**ファイバセンシングを開発している^{1,2)}。全反射終端器を用いることでレーザー光のパワー変動の影響を取り除けることを既に報告した³⁾。ここでは、波長変動の影響について検討したので報告する。*BPF On Fiber-end **Dual Wavelength PN-code Reflectometry

2. 波長変動の影響の解析

図1のファイバセンサ系で温度計測を行うと仮定する³⁾。

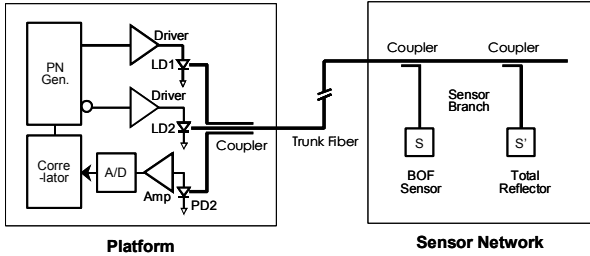


図1 ファイバセンサ系

ファイバ本線からカプラで分岐した支線端にあるBOFセンサで反射された光は、再び本線に戻りプラットフォーム内のPDに到達する。LD1から出た波長 λ_1 の戻り光レベルは、出射光レベル A_1 、経路中の損失 α 、BOFでの反射率 γ_1 を用いて、 $A_1\alpha\gamma_1$ と表される。LD2から出た波長 λ_2 の光についても同様に、 $A_2\alpha\gamma_2$ と表される。経路中の損失は両波長で差がないとみなせるので添え字を省いた。PDの変換効率を η とすると、 λ_1 、 λ_2 の戻り光による光電流レベルの差、及び平均値は

$$\Delta I = \eta(A_1\alpha\gamma_1 - A_2\alpha\gamma_2) = \eta\alpha(A_1\gamma_1 - A_2\gamma_2) \quad (1)$$

$$I_{av} = \eta\left(\frac{A_1\alpha\gamma_1 + A_2\alpha\gamma_2}{2}\right) = \eta\alpha\left(\frac{A_1\gamma_1 + A_2\gamma_2}{2}\right) \quad (2)$$

と表される。一方、全反射終端器の反射率は λ_1 、 λ_2 に対し等しいので、終端器からの戻り光による光電流レベルの差及び平均値を $\Delta I'$ 、 I'_{av} とおき、 A_1 、 A_2 を消去すると

$$\zeta = \ln\left(\frac{\gamma_1}{\gamma_2}\right) = \frac{\Delta I}{I_{av}} - \frac{\Delta I'}{I'_{av}} \quad (3)$$

が得られ、振幅変動の影響を取り除ける³⁾。

しかし、振幅変動と異なり波長変動の影響は低減できない。波長変動の影響を求めるため γ_1 、 γ_2 を下記のように置く。

$$\gamma_1 = \gamma_{10} + \frac{\partial\gamma_1}{\partial\lambda_1}\Delta\lambda_1 \quad \gamma_2 = \gamma_{20} + \frac{\partial\gamma_2}{\partial\lambda_2}\Delta\lambda_2 \quad (4)$$

(4)を用いて次式が得られる。第2、3項が変動分を表す。

$$\begin{aligned} \zeta &= \ln\left(\frac{\gamma_1}{\gamma_2}\right) = \ln\left(\frac{\gamma_{10}\left(1 + \frac{1}{\gamma_{10}}\frac{\partial\gamma_1}{\partial\lambda_1}\Delta\lambda_1\right)}{\gamma_{20}\left(1 + \frac{1}{\gamma_{20}}\frac{\partial\gamma_2}{\partial\lambda_2}\Delta\lambda_2\right)}\right) \\ &= \ln\left(\frac{\gamma_{10}}{\gamma_{20}}\right) + \frac{1}{\gamma_{10}}\frac{\partial\gamma_1}{\partial\lambda_1}\Delta\lambda_1 - \frac{1}{\gamma_{20}}\frac{\partial\gamma_2}{\partial\lambda_2}\Delta\lambda_2 \end{aligned} \quad (5)$$

BOFを用いた温度計測では ζ を温度に変換しており、また、 $\Delta\lambda_1$ 、 $\Delta\lambda_2$ が互いに独立したランダムな変数であることを考慮し、更に両波長の変動が等しいと仮定して、

$$\sqrt{\Delta\lambda_1^2} = \sqrt{\Delta\lambda_2^2} = \sqrt{\Delta\lambda^2}$$

とおけば、

$$\Delta T \cong \frac{\partial T}{\partial \zeta} \sqrt{\left(\frac{1}{\gamma_{10}}\frac{\partial\gamma_1}{\partial\lambda_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{\gamma_{20}}\frac{\partial\gamma_2}{\partial\lambda_2}\right)^2} \sqrt{\Delta\lambda^2} \quad (6)$$

が得られる。文献1を基に代表的数値を用いて ΔT を求めた結果を図2に示す。0.1°C以下の誤差に収めるには2pm以内の波長変動が要求される。波長変動の影響低減については検討中であり、結果については後日報告する。

$$\begin{aligned} \partial T/\partial \zeta &= 12.8(\text{°C}/\text{dB}) \\ (1/\gamma_{10})(\partial\gamma_1/\partial\lambda_1) &= 3.05(\text{dB}/\text{nm}) \quad (1/\gamma_{20})(\partial\gamma_2/\partial\lambda_2) = 3.03(\text{dB}/\text{nm}) \end{aligned}$$

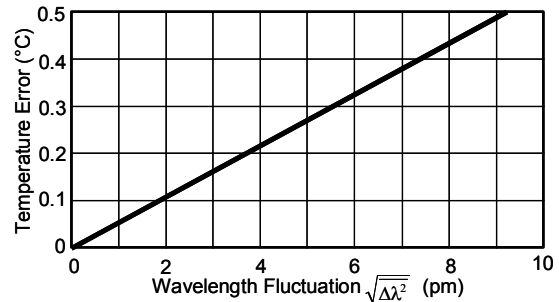


図2 波長変動による測定誤差

謝辞

日頃有益なご助言を頂くDSP技研塚本信夫代表に深謝致します。

参考文献

- 1) 斧田他 “BOF 反射スペクトルの温度依存性” 信学技報 EMD2007-32
- 2) 井上他 “2 波長擬似ランダム符号相関方式によるBOF 温度センシングの試み” 2007.9 信学ソ大S-4-3
- 3) 小松他 “全反射終端を用いた2 波長プッシュプル反射計測方式の高精度化” 2008.2 EMD 研究会