

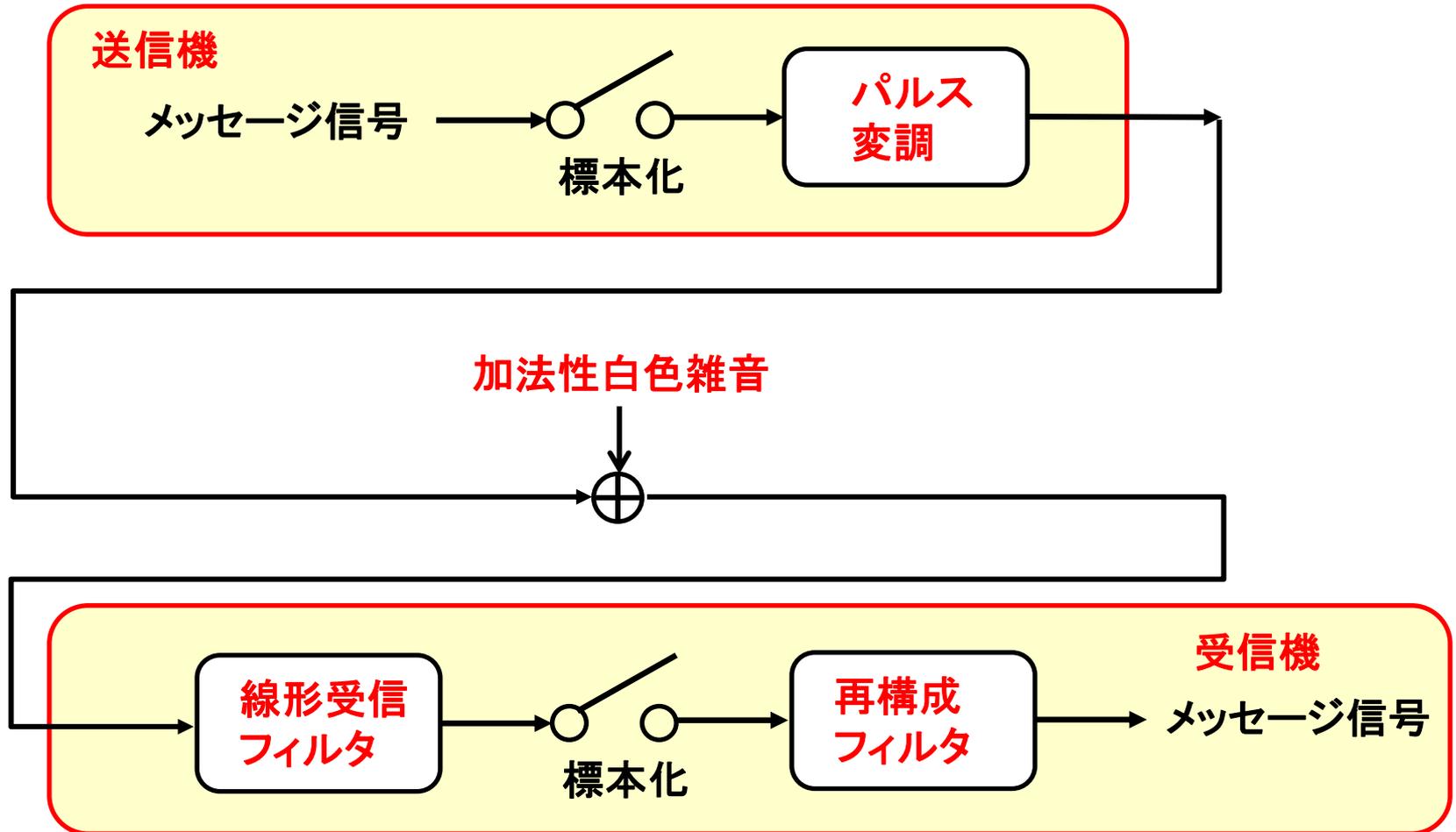
# 第9回

## 光ファイバ伝送特性(2)

2013年12月3日(火)

# 光分散補償器

# 加法的雑音伝送路



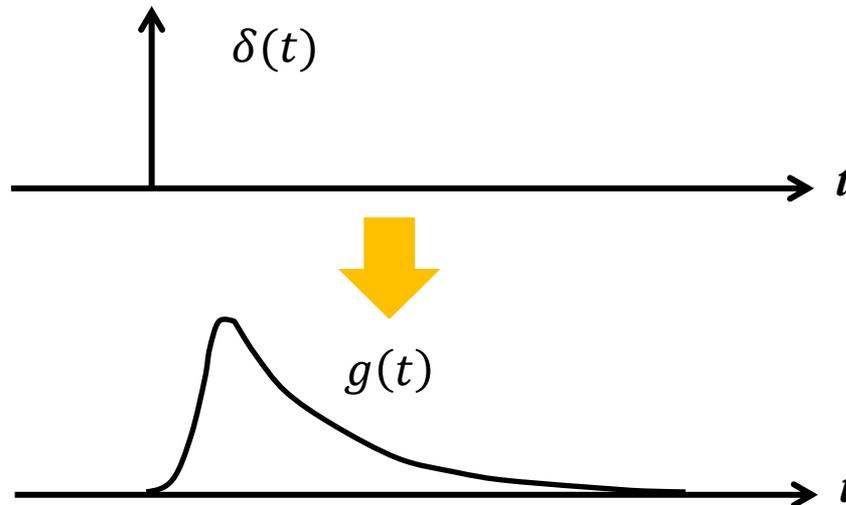
# 畳み込み積分

$$f(t) * g(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)g(t - \tau)d\tau$$

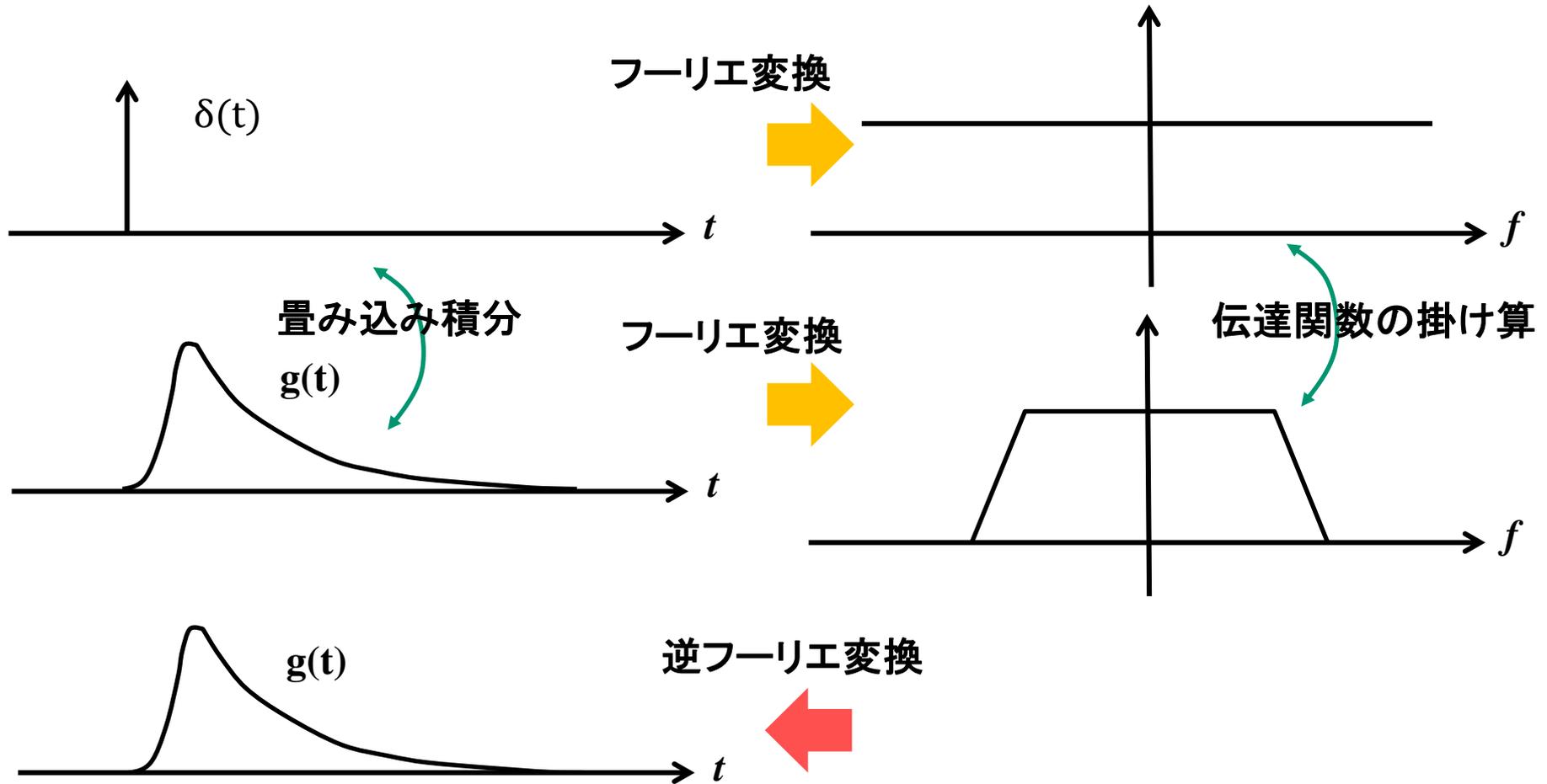
$f(t) = \delta(t)$  のとき、

$$f(t) * g(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \delta(\tau)g(t - \tau)d\tau$$
$$= g(t) \int_{-\infty}^{\infty} \delta(\tau)d\tau = g(t)$$

すなわち、デルタ関数との畳み込み積分は、 $g(t)$  (線形システムの場合はインパルス応答)を意味する。



# 畳み込み積分を周波数領域で見ると...

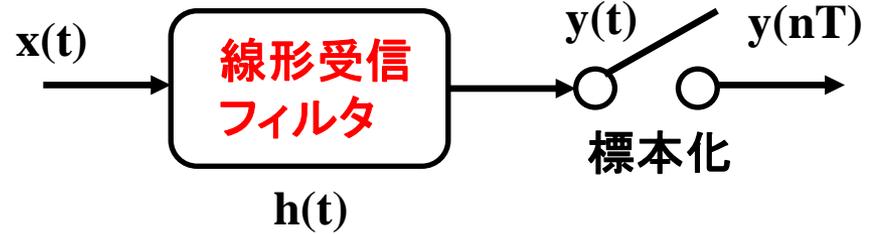


# 線形受信フィルタ

- 受信フィルタ入力

$$x(t) = g(t) + w(t)$$

パルス信号      白色雑音



- 受信フィルタ出力

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau)x(t - \tau)d\tau = g_0(t) + n(t)$$

フィルタ出力パルス信号      フィルタ出力雑音

- 受信フィルタの出力SNR

$$\eta = \frac{|g_0(T)|^2}{E[n^2(t)]}$$

時刻Tで出力SNRを最大にする受信フィルタ？

# 整合フィルタ(時間領域)

- 整合フィルタ(最適フィルタ)

$$H_{opt}(f) = kG^*(f)e^{-j2\pi fT}$$



周波数軸上で対称(位相共役)

- 整合フィルタ(時間軸)

$$\begin{aligned} h_{opt}(t) &= \int_{-\infty}^{\infty} H_{opt}(f)e^{j2\pi ft} df = k \int_{-\infty}^{\infty} G^*(f)e^{-j2\pi f(T-t)} df \end{aligned}$$

ここで、

$$G^*(f) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t)e^{j2\pi ft} dt = \int_{-\infty}^{\infty} g(t)e^{-j2\pi(-f)t} dt = G(-f)$$

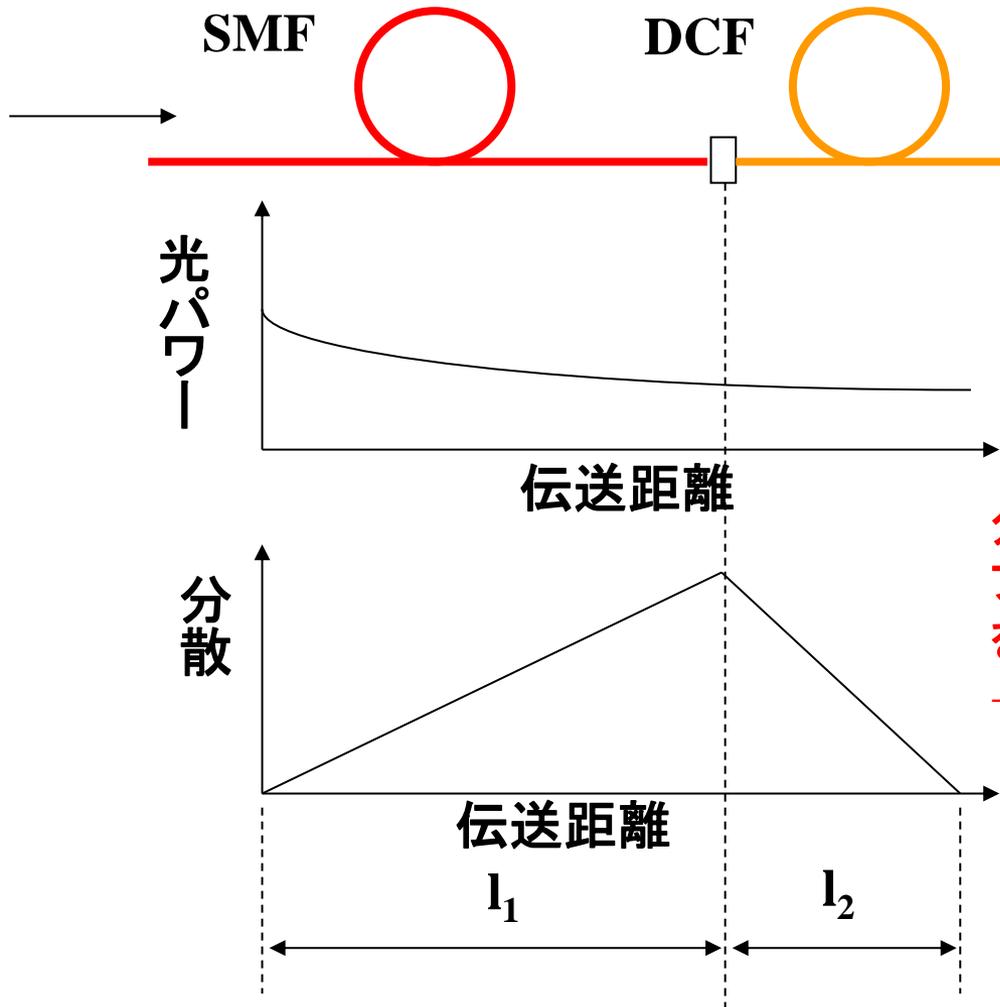
∴ 与式

$$= k \int_{-\infty}^{\infty} G(-f)e^{j2\pi(-f)(T-t)} df = kg(T-t)$$



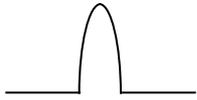
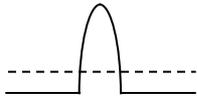
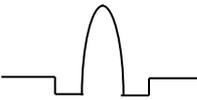
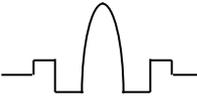
時間軸で時間反転させたインパルス応答

# 分散補償ファイバによる等化



分散スロープの符号が逆の  
ファイバを追加して、累積分散値  
を0にする。  
→ 分散補償ファイバ  
(Dispersion Compensation Fiber,  
DCF)

# 分散補償ファイバ

屈折率分布	MFD ( $\mu\text{m}$ ) @ 1550nm	波長分散 (ps/nm/km)	分散スロープ (ps/nm/km) @ 1550nm	性能指数 (ps/nm/dB) @ 1550nm
	5.0	-70~-90	+0.08	200~250
	5.0	-70~-90	+0.08	200~250
	4.5	-100~-135	-0.2~-0.5	200~300
	5.8	-15.6	-0.046	62
	5.0	-100~-300	-0.15	300~400

和田 朗, “光ファイバー研究開発の最新動向”, O plus E, pp.68-73 (1999).

# ラティス型フィルタを用いた分散補償器

K. Takiguchi, K. Okamoto, T. Goh, T. Saida and M. Itoh, in Proc. ECOC2000, We. P. 19 (2000).

8チャンネル40Gbps WDM用PLC型分散スロープ補償器



K. Takiguchi, K. Okamoto, T. Goh, T. Saida and M. Itoh, in Proc. ECOC2000, We. P. 19 (2000).



# Virtually-Imaged Phased Array (VIPA)

---

**H. Ooi, K. Nakamura, Y. Akiyama, T. Takahara, T. Terahara, Y. Kawahata, H. Isono, and G. Ishikawa, J. Lightwave Technol., vol.20, No.12, pp.2196-2203 (2002).**



# VIPAの分散特性

---

H. Ooi, K. Nakamura, Y. Akiyama, T. Takahara, T. Terahara, Y. Kawahata, H. Isono, and G. Ishikawa, *J. Lightwave Technol.*, vol.20, No.12, pp.2196-2203 (2002).



1波長の補償だけでなく、  
WDMの複数チャンネルを  
1台のVIPAで一括補償  
できることがポイント。

2013年度

光通信システム

# 分散マネジメント伝送路とVIPAを用いた40Gbps伝送結果

---

H. Ooi, K. Nakamura, Y. Akiyama, T. Takahara, T. Terahara, Y. Kawahata, H. Isono,  
and G. Ishikawa, *J. Lightwave Technol.*, vol.20, No.12, pp.2196-2203 (2002).



# 偏光度モニタを用いたPMD補償器

磯村, ラスムッセン, 大井, 秋山, 石川, 2003年信学ソ大, B-10-124 (2003).

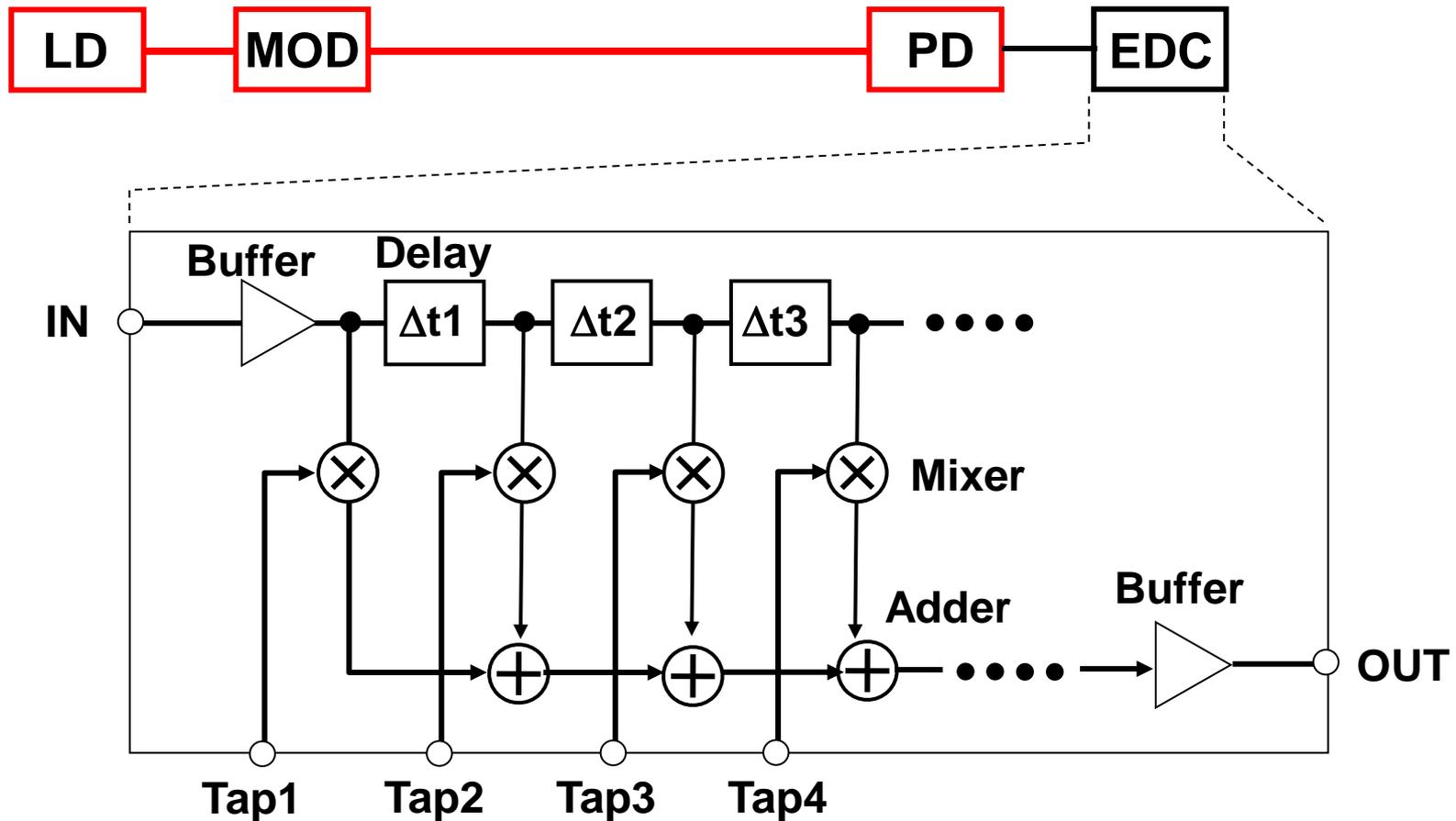


# PMD一 波長分散同時自動補償実験

大井, ラスムッセン, 高原, 中村, 磯村, 福士, 石川, 2003年信学ソ大, B-10-121 (2003).



# 電気分散補償技術



FIR (Finite Impulse Response)フィルタで構成することが多い

## FIRフィルタの伝達関数

$$\frac{Y(z)}{X(z)} = H(z) = b_0 + b_1z^{-1} + b_2z^{-2} + \dots + b_{N-1}z^{-(N-1)}$$

ここで  $z = e^{sT_s}$  であり、 $s$  はラプラス変換の変数で、標本化周期  $T_s$  ごとに遅延している状態(遅延演算子)に相当する。

上式のインパルス応答は、逆 $z$ 変換で求め、

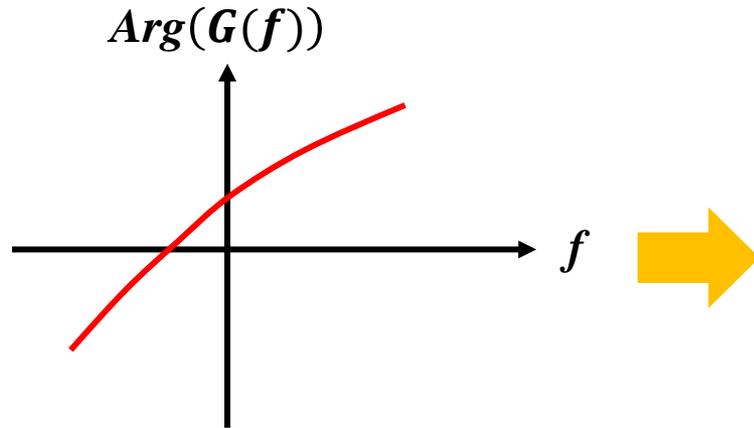
$$h(n) = \mathcal{Z}^{-1}[H(z)] = \sum_{i=0}^{N-1} b_i \delta(n - i) = y(n)$$



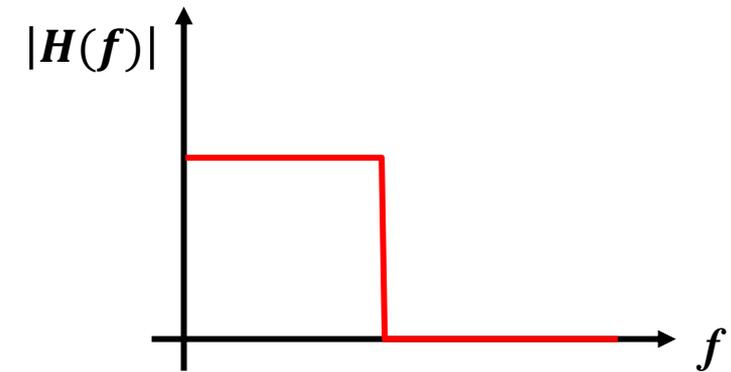
**インパルス応答はFIRフィルタの係数に等しい。**

# FIRフィルタの設計

SMFの位相特性



FIRの伝達関数



波形を整形する伝達関数から、  
そのインパルス応答を実現するFIRフィルタの係数  
を設計。

