

電気通信大学 平成16年度シラバス

授業科目名	光通信システム特論		
英文授業科目名	Advanced Optical Communication Systems		
開講年度	2004年度	開講年次	
開講学期	前学期	開講コース・課程	博士前期・後期課程
授業の方法		単位数	2
科目区分	電気通信学研究科-情報通信工学専攻-専門科目		
開講学科・専攻	情報通信工学専攻		
担当教官名	來住 直人		
居室	総合研究棟 1027		

公開E-Mail	授業関連Webページ
kishi@ice.uec.ac.jp	http://pcwave3.ice.uec.ac.jp/kishi/optsys

<p>【主題および達成目標】</p> <p>20世紀末期における低損失広帯域光ファイバ製造技術の成熟と、光ファイバやガラス導波路で構成された受動・能動光素子の急速な発展は、光回路・光通信システム・光計測などの概念の大きな変革をもたらした。ことに希土類添加光ファイバと光ファイバ回折格子の登場によって、近赤外光領域における種々の高性能光信号源・光素子・光システムが実現され、光ファイバ通信システムの長距離化・大容量化に拍車をかけた。このような高度化に伴い、光ファイバの非線形効果や偏波状態の揺らぎ等の従来は問題にならなかった現象も無視できなくなり、これらを制御・抑制する技術の重要度も増大している。</p> <p>この講義では上記のような発展過程と問題を踏まえて、光通信システムを支える基盤技術である光ファイバの光波伝搬特性を中心とした光技術の数学的・物理的基礎の理解に重心をおき、光ファイバ伝送路や光増幅器、種々の光能動・受動素子、光歪み補償や光スイッチング等の光信号の制御技術と、これらを利用した実際の光通信システムに対する理解を深めることを目標とする。また、光通信システムの進展のみに目を奪われることなく、これに付随する種々の光学的現象や技術に対する理解を深めることも目標としたい。</p>
--

<p>【前もって履修しておくべき科目】</p> <p>特にないが、強いていえば理工系学部で通常履修すべき数学及び物理学。</p>

<p>【前もって履修しておくことが望ましい科目】</p>

【教科書等】

なし

【授業内容とその進め方】

授業関連Webで公開している資料(学内からのみ参照可能)に沿って講義を進める。
大まかな内容は以下のとおりだが、章の構成はこれとやや異なる。

- 1 光の基礎
(電磁波としての光、光の偏波状態、光の波動性と粒子性)
- 2 光ファイバ伝送路
(光の導波、光ファイバの構造、損失、伝送帯域、非線形性)
- 3 各種光素子
(光結合器、フィルタ、偏光子、光合分波器、非相反素子)
- 4 光信号源
(物質と光の相互作用、レーザ、単一周波数光源、パルス光源)
- 5 光増幅器
(希土類添加光ファイバ増幅器、ラマン増幅器、半導体増幅器)
- 6 光信号処理
(波長変換、スイッチング、光波形制御)
- 7 光通信システム
(波長多重方式、時間多重方式、高密度化)

【成績評価方法および評価基準】

授業内容の中で各自が興味を持った事項に関するレポート(短い論文の要約と問題回答)を個別に出題し、そのレポートの内容によって評価する。やや不正確でも独自性と一貫性のあるものに比べて、正解であっても大学院学生としては稚拙なものは評価が下がる。

【オフィスアワー：授業相談】

水曜日の午後もしくは授業終了直後の時間帯。

【学生へのメッセージ】

できるだけ、教科書にはない新しい、しかも普遍的な内容を盛り込みます。
受講に際しては、量子力学などの特定の科目の深い知識はいりませんが、
「理工的」センスはあった方が授業を楽しく受けられます。苗字は「来住」
と書いても構いません(「夾住」ではない)。

関連図1

Nonlinear Schrödinger equation(continued)

③ Actual case with dispersion and nonlinearity
by the combination of ① and ②:

$$\frac{\partial g}{\partial z} + \beta_1 \frac{\partial g}{\partial t} - \frac{j}{2} \beta_2 \frac{\partial^2 g}{\partial t^2} = -jn_2 k_0 I(t, z)g$$

or

$$\left(-\frac{\beta_2}{2} \frac{\partial^2 g}{\partial \tau^2} + k_0 n_2 I \right) g = -j \frac{\partial g}{\partial z} \quad (\tau = t - \beta_1 z)$$

: Nonlinear Schrödinger equation

$I = \frac{P}{A_{eff}}$ (P : optical power A_{eff} : effective cross-sectional area 有効断面積)

with higher-order dispersion:

$$\frac{\partial g}{\partial z} + \beta_1 \frac{\partial g}{\partial t} - \frac{j}{2} \beta_2 \frac{\partial^2 g}{\partial t^2} - \frac{1}{6} \beta_3 \frac{\partial^3 g}{\partial t^3} = -jn_2 k_0 I(t, z)g$$

Chap.2.4

※注 2004 「光通信システム特論」資料 2-47

関連図2

Examples of nonlinear waveform evolution(5)

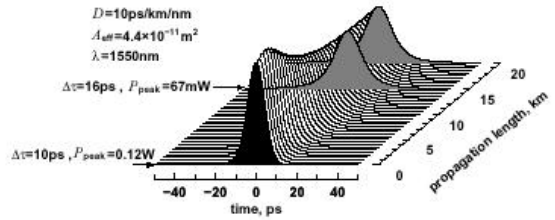


Figure 2.32 Convergence to a steady-state pulse (soliton)

Chap.2.4

※注 2004 「光通信システム特論」資料 2-42

関連図3

Noise figure of a pre-amplifier system

after Yariv, *Optics Lett.*, **15**, 1064 (1990).

signal photocurrent : $i_s = \frac{eGS_i}{h\nu} e^{-\alpha l}$

noise photocurrent : $\langle i_n \rangle^2 = \langle i_{n1} \rangle^2 + \langle i_{n2} \rangle^2 + \langle i_{n3} \rangle^2 + \langle i_{n4} \rangle^2$
 $\approx \langle i_{n1} \rangle^2 + \langle i_{n3} \rangle^2$ (for medium signal level)

- < i_{n1} >: amplified signal shot-noise
- < i_{n2} >: amplified spontaneous emission(ASE) shot-noise
- < i_{n3} >: signal-ASE beat-noise
- < i_{n4} >: ASE-ASE beat-noise

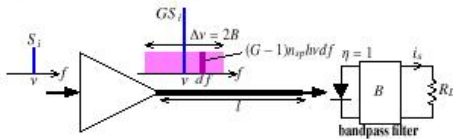


Figure 4.6 Transmission line with an optical pre-amplifier

※注 2004 「光通信システム特論」資料 4-15

関連図4

Hybrid amplifier with Raman and EDFA

after Masuda et al., *Proc. OECC'98*, PD2-1 (1998).

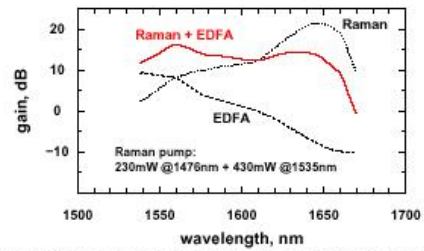


Figure 4.18 Broadband gain characteristics of a hybrid amplifier

※注 2004 「光通信システム特論」資料 4-20