

[利用相談室便り]

サイバーサイエンスセンターでは、本館利用相談室、弘前大学、秋田大学、山形大学で利用相談を行っています（利用相談の詳細は前号 SENAC Vol. 41, No.3 p. 84-85 または、ウェブページ <http://www.cc.tohoku.ac.jp/guide/puroso.html> を参照）。前号に引き続き、今回は山形大学のテクニカルアシスタントの方に自己紹介も兼ね研究紹介や計算機シミュレーションの話題について書いていただきました。

「シミュレーションは地方大学の生命線か」

山形大学大学院理工学研究科 電気電子工学分野

助教 高野 勝美（たかの かつみ）

（相談場所等：山形大学工学部 7 号館 245 号室 水曜 10 時～12 時）

私は山形大学工学部で、東北大学サイバーサイエンスセンターの利用相談業務を承っております。どうぞよろしく願いいたします。

私の研究のフィールドは、光ファイバ通信と光を利用した機能サブシステムの研究です。この分野は実用に近い技術領域で、世界的に競争が激しい分野なので、地方大学としてはチャレンジングに活動していると自負しています。光ファイバは一般家庭にも引かれるようになってきていますから、光ファイバ通信の研究は枯れている分野と思われる方もいらっしゃるかもしれません。ずいぶんと成熟していることは確かですが、誤解を恐れずに現状を例えて言えば、やっと「のろし通信」から脱却しつつあるといったところですね。伝送方式では光波の性質を十分に生かせる通信方式の研究が盛んですし、ネットワーク機能としては光波の広帯域性を利用して電気装置のボトルネックを解消できる交換方式が検討されています。デバイスとしては周期的微細構造によるフォトニックバンドギャップを基礎とした機能素子の進展が著しいようです。ユーザから発せられた光が、コアネットワークを通過し目的地に達するまでシームレスに接続されるのはもう少し先のようです。人間同士、または人間と機械、あるいは人間と社会の快適な対話をもたらす超広帯域光通信技術の実現に貢献できれば、との思いを持って、学生さんと一緒に頑張っています。以下に私の研究の一部を簡単に紹介しつつ、計算機シミュレーションに関する雑感を述べさせていただこうと思います。研究内容にご興味がおありの方は、参考文献を参考になさってください。

(1) フォトニック結晶をベースにした光通信用機能回路：フォトニック結晶はずいぶん知名度が高くなり、**SENAC** 読者の中にはご存知の方は大勢いらっしゃると思います。屈折率の周期構造は光波に対してバンド構造を作るため、禁制帯を利用した光閉じ込め機能、バンド端を利用した光波分散制御機能などさまざまな機能を実現できる可能性があります。私は、いち早く現実の光通信に近い形でこれらの機能を応用できるような研究を志向し、波長分割多重光伝送に必須となる光波長分離器の提案と数値計算による機能実証を行いました[1]。最近では、光アクセス通信用光周波数帯分離器を検討しています[2]。

(2) 光増幅器をベースにした光パケットバッファ：光ネットワーク資源の有効利用の観点から、低トラヒックによる回線占有を回避するために、光パケットスイッチング方式が検討されています。この交換方法では光バッファメモリが必須ですが、いわゆる光メモリは実現がなかなか難しいと言われていています。光バッファとして最も実用に近い形態は、光ファイバの伝搬遅延を利用する方式です。私は、光ファイバをリング状に配置したファイバ遅延線と複数種類の光増幅器を組み合わせた光バッファを提案し、信号レベルが安定で長時間の遅延を実現できる方法を実験とシミュレーションの両面から検証しております[3]、[4]。

(3) 光単側波帯変調信号による光ファイバ通信の周波数有効利用：光ファイバ通信は広帯域な通信が可能ですが、長距離伝送になってくると光中継器の利得帯域幅によって帯域が制限されてきます。そのため、光ファイバ通信でも周波数の有効利用が大切になってきています。通常、搬送波の振幅や位相または周波数を変調すると、そのスペクトルには側波帯と呼ばれる信号成分が搬送波周波数の上下周波数に現れます。上下の周波数に現れる側波帯は同じものですから、そのうち片方のみを伝送に用いる方法を単側波帯変調と言います。光ファイバ通信にこの方式を適用すれば、利用できる周波数帯域は倍に増えることとなります。この利点に注目し、この信号が光ファイバを伝送するときの振る舞いを注意深く数値解析しています[5]、[6]。

以上のような研究を行っていますが、実験と理論およびシミュレーションのバランスが偏らないように気をつけています。しかし、設備も限られていますから、なかなか実験は難しい場合が少なくありません。シミュレーションで扱う方程式は、マクスウェル方程式、光ファイバの伝搬を記述した非線形シュレディンガー方程式、光増幅器の振る舞いを記述するレート方程式などです。電磁界解析の手法は **FD-TD** 法や境

界要素法、散乱行列法、ビーム伝搬法などを用いています。プログラムの記述は、C言語や Fortran だけでなく、Matlab や Labview も使っています。計算環境は、研究室の PC はもちろん、山形大学学術情報基盤センターの計算機を使ったり、学科の設備である教育用計算機システムを使ったりとさまざまです。

数値計算の魅力は、目に見えないことを可視化することができ、それによって対象物の理解が進むことだと考えています。理解が進めば、改良や新しい提案に発展できます。その他にも研究遂行における数値計算が果たす重要な役割として、実験では切り分けにくい複数の要因を、数値計算モデルでは切り分けて分析することが可能な場合もあるという点が挙げられると思います。学問や研究および技術開発の中で、数値計算だけの議論は敬遠されるところが多いのは事実ですが、最近の複雑な研究対象を扱うには数値計算のパワフルな支援を認めざるを得なくなっているのも事実だと思います。設備や実績を十分に持っていない若い研究者にとっては、設備の制限を受けずに自分のアイデアを試せる格好のフィールドではないでしょうか。ぜひチャレンジして欲しいと思います。

少し生々しい話をすれば、最近の地方大学は研究資金を集めるのが難しくなってきました。大規模な実験設備を必要とする研究や、恒常的に化学物質や光熱水を多量に消費する研究は将来実施していくのが困難になると予感しています。地方大学の工学部には教育機関である以上、教育用の計算機システムは残っていくでしょうから、この設備を効率的に運用した研究が地方大学の今後の研究基盤にならざるを得ないような気がしています。いわば、数値計算は地方大学工学部の研究者の生命線ではないでしょうか。時間があれば、この辺りをじっくり考えて今後の研究戦略を練りたいと思っています。

参考文献

- [1] K. Takano et al., "Frequency analysis of wavelength demultiplexers and optical filters with finite 2-D photonic crystals," IEICE Transactions on Communications, Vol. E84-B, No.5, pp.1295-1303, (May 2001).
- [2] 臼井, 高野, 中川, "導波路間円柱の調整によるフォトニック結晶方向性結合器の透過率波長特性の改善", 電子情報通信学会 2008 年ソサイエティ大会, C-3-83, p. 205, (Sept. 2008).

- [3] K. Takano et al., "Influence of optical filters on pulse circulation in fiber rings with a frequency shifter and EDFA," OSA Optics Express, Vol. 14, No. 22, pp. 10313-10323, (30 Oct. 2006).
- [4] K. Takano et al., "Optical tunable delay lines using fiber ring with acousto-optic frequency shifters and EDFAs: I. experimental demonstration," IEICE Electronics Express, Vol. 3, No. 20, pp. 442-446, (25 Oct. 2006).
- [5] K. Takano et al., "SPM effect on carrier-suppressed optical SSB transmission with NRZ and RZ formats," Electronics Letters, Vol. 40, No. 18, pp. 1150-1151, (2nd Sept. 2004).
- [6] K. Takano et al., "Performance analysis of optical single sideband modulation based on Mach-Zehnder interferometers and its dispersive fiber transmission," IEICE Transactions on Communications, Vol. E88-B, No. 5, pp.1994-2003, (May 2005).