

時空間融合超高速光情報処理

小西 毅・一岡 芳樹

超短光パルスレーザーの普及とともに、光をキーワードとするさまざまな分野で新しい研究の領域が開拓されてきている¹⁾。光通信の分野でも、超短光パルスを情報の媒体として利用した研究が現在盛んに行われており、非常にその進展が期待されている^{2,3)}。一方、従来の光情報処理では、時間項を変数分離することによる空間領域での光波の取り扱いが中心に行われてきた。超短光パルスは、光として“時間”という概念が非常に強調された現象であるといえるため、超短光パルスを情報の媒体として考えることにより、時間領域での取り扱いを併せた新しい光情報処理への展開が期待されている。

本稿では、われわれの提案する時空間融合超高速光情報処理^{4,5)}について紹介し、その実現に必要な超高速光デバイスのひとつとして、ナノ量子構造を用いた光デバイスとの整合性について触れる。

1. 時空間融合超高速光情報処理

われわれはこれまでに、時間信号と空間信号の混在した情報処理として、時空間変換と時間-周波数変換に基づく時空間融合超高速光情報処理を提案してきた^{4,5)}。図1にその概念図を示す。並列処理を特徴とする従来の光情報処理で扱う情報の形態は、2次元以上の空間信号である。したがって、時間領域での取り扱いを可能とするためには、2次元以上の空間信号と時間信号との超高速情報形態変換が必要となる。時間信号はそのままでは2次元以上の物理量をもつ空間信号に対応させることができない。しかし、時間と周波数(波長)という2つの物理量を考えることにより時間信号を2次元の信号として扱うことが可能となる。このような時間信号の2次元的な捉え方は時間-周波数変換として、信号処理の分野で体系化されている⁶⁾。われわれは、このような従来の時空間変換技術¹⁾では考えられていなかった時間信号の2次元的な捉え方をもとに、時間信号と2次元以上の空間信号との間の情報形態変換に基

づく時空間融合超高速光情報処理を提案してきている。図2に処理手順を示す。

2. 実現アーキテクチャーと動作実験

時空間融合超高速光情報処理の実現システムとして、さまざまなアーキテクチャーが考えられる。ここでは、時間→2次元空間変換システムを中心に行った超高速時空間変換実験の一部について紹介する。図3に時間→2次元空間変換実験システムを示す。設計した位相フィルターを用いたパルス整形システムにより文字画像(“N”)に対応するスペクトログラムをもつ入力パルスを生成する。SHG結晶を超高速時間ゲートに用いた時間→2次元空間信号変換システムにより入力パルスを2次元空間信号に変換する。図4に得られた変換2次元文字画像を示す。このときの時間信号から2次元空間信号への情報変換の変換レートは、毎秒約3テラビットとなる。この変換レートは、たとえば毎秒150ギガビットの通信レートをもつ20波多重の波長多重通信との整合が可能な値である。

3. 時空間融合超高速光情報処理と超高速光デバイス

超高速光デバイスとしては、現在さまざまなデバイスの

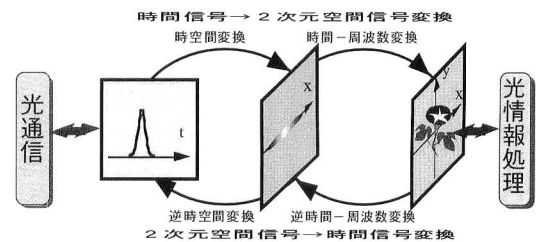


図1 時空間融合超高速光情報処理の概念図。

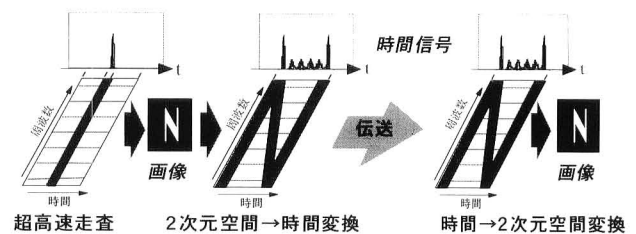


図2 時空間融合超高速光情報処理の処理手順。

大阪大学大学院工学研究科物質・生命工学専攻 (〒565-0871 吹田市山田丘 2-1)
E-mail: konishi@mls.eng.osaka-u.ac.jp

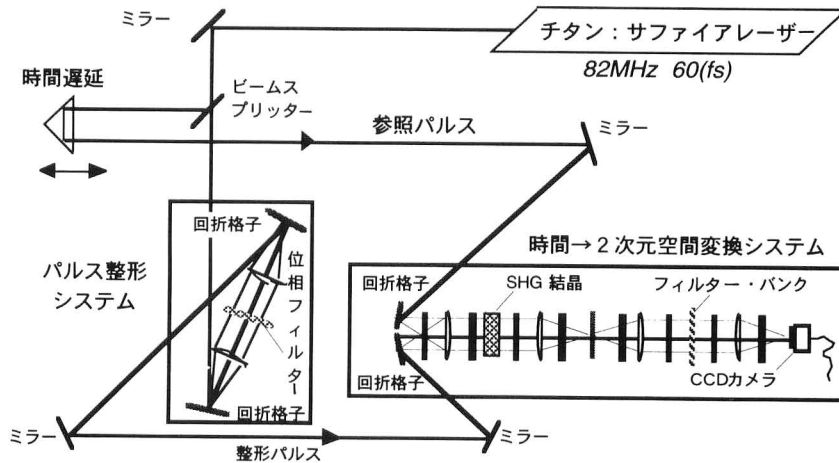


図3 SHG結晶を超高速度時間ゲートに用いた時間→2次元空間信号変換システム。

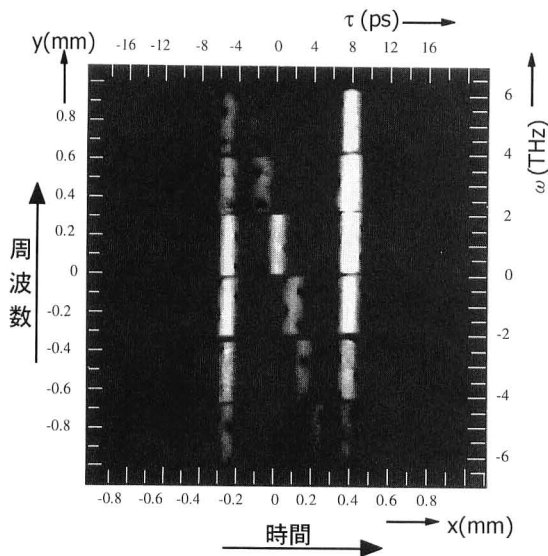


図4 時間→2次元空間信号変換によって得られた2次元文字画像(アルファベット“N”)。

研究が行われている^{1,7-9)}。超短光パルスはその高い時間分解性から現在の電子的な制御では追従できない非常に高い周波数帯域をもつが、光デバイスの利用は自由度の高い処理を行うために非常に重要である。時空間融合超高速度光情報処理で得られる2次元空間信号の各画素に対応する信号は、時間分解と周波数分解の間の不確定性に基づいた時間幅と周波数分布をもった比較的長い光パルスである。この結果、空間的な並列性と各種の光デバイスの処理速度との整合性を同時に実現でき、自由度の高いシステム構成が可能となる。

ナノ量子構造を用いた光デバイスは、最近の精密加工技術の進展を背景とした設計の自由度がより一層強調されたデバイスと考えられる。一例として、多重量子井戸構造を

用いたフォトリフラクティブ素子は、波長帯域を設計することができ、波長帯域の広いフェムト秒のパルスを使った応用が可能である^{8,9)}。また、非常に感度がよいので光情報処理で扱う微弱な光信号にも対応が可能である。時空間融合超高速度光情報処理を実現するのに必要な超高速度デバイスのひとつとして、今後の展開が期待される。

文 献

- 1) 末田 正, 神谷武志: 超高速度光エレクトロニクス (培風館, 東京, 1991).
- 2) 津田裕之: “時空間変換技術と光通信への応用”, 応用物理, **68** (1999) 639-644.
- 3) M. Nakazawa: “Toward terabit/s single-channel transmission,” *OFC/IOOC '99* (IEEE, 1999) pp. 132-134.
- 4) Y. Ichioka and T. Konishi: “Temporal-spatial optical information processing,” *Proc. SPIE*, **3137** (1997) 222-227.
- 5) T. Konishi and Y. Ichioka: “Ultrafast image transmission by optical time-to-two-dimensional-space-to-time-to-two-dimensional-space conversion,” *J. Opt. Soc. Am. A*, **16** (1999) 1076-1088.
- 6) L. Cohen: *Time-Frequency Analysis* (Prentice-Hall Cliffs, New Jersey, 1995).
- 7) H. Yoshida, T. Mozume, T. Nishimura and O. Wada: “Intersubband transitions in InGaAs/AlAs coupled double quantum well structures for multi-wavelength all-optical switching,” *Electron. Lett.*, **34** (1998) 913-915.
- 8) D. D. Nolte and M. R. Melloch: “Photorefractive quantum wells and thin films,” *Photorefractive Effects and Materials*, ed. D. D. Nolte (Kluwer Academic Publishers, Boston, 1995) pp. 373-444.
- 9) 中川 清, 峯本 工: “フォトリフラクティブ材料によるフェムト秒レーザーパルス光変調”, *Optics Japan '99* (日本光学会, 1999) pp. 315-318.

(2000年3月13日受理)