

人類は光の位相をマイクロ波のように 使いこなせるか？

中 沢 正 隆

(東北大学電気通信研究所)

携帯電話や同軸のマイクロ波通信は限られた周波数帯域の中、CDMA、FM、多値伝送などの各種無線方式を駆使して、今日の隆盛を築いてきた。Maxwellの波動方程式の導出と電磁波の予言、その後のHertzによる電磁波の存在の実証、さらにMarconiによる1900年ごろの大陸間通信実験などを経て、今日の携帯電話に至るには100年の歴史がある。それに比べるとレーザーや光ファイバーを中心とする光通信の歴史は50年程度であり、マイクロ波の技術に比べるとまだまだ遅れている。筆者も超高速光通信の研究に携わって長くなるが、光パルスのある・なしを利用する一番簡単な振幅変調方式が研究の主流である。

しかし、光も電磁波であり、振幅だけでなく携帯電話のように位相にも情報が載せられる。最近の光伝送技術では単なるOOK (on-off-keying) から DPSK (differential phase shift keying), DQPSK (differential quaternary phase shift keying) などの差分位相を使う方法が提案されている。また QAM (quadrature amplitude modulation) や OFDM (orthogonal frequency domain multiplexing) などのマイクロ波技術を応用する提案も現れてきている。

光ファイバーの中ではフェージングのような現象は少ないため、光通信はマイクロ波の位相制御技術を凌駕する技術が生まれる可能性を秘めている。しかもマイクロ波の周波数がGHz帯であるのに対して、光は100~1000 THzと1万倍以上高い。このキャリア周波数の高さはすばらしい魅力である。その反面その位相をマイクロ波のように使いこなすには、周波数の安定度を 10^{-11} ~ 10^{-12} 程度にまで抑える新技術が必要とされる。今後、分子の吸収線を用いた周波数安定化レーザーあるいは光のPLL (phase-locked loop) 回路などを使って光の相対位相を高精度に安定化させ、周波数利用効率の高いコヒーレント通信技術を積極的に開発していきたいものである。

また、光の位相を制御する技術として、一昨年のノーベル物理学賞ではモード同期レーザーの縦モードの串 (光コム) を用いて光の絶対物差しを実現したことが評価されている。キャリアエンベロープ・オフセットを制御することがポイントであったが、それは光のオクターブ法でうまく解決した。ファイバーレーザーとこの光の物差しを組み合わせれば、小型の光ヘテログイン型高分解能スペアナもすぐに実現できるであろう。また、光コムの相対位相差を抑え込むことにより、絶対周波数はともかく、重ね合わせ原理により光のファンクションジェネレーターやモノサイクルパルスの可能性もある。

実は、筆者はマイクロ波で培ってきた位相技術を光に幅広く展開することにより、新しい光の世界が切り開けるのではないかと密かに期待している。光の高精度位相制御は人類が避けて通れない重要な課題であり、一步一步着実に進めたいものである。