



## 情報処理と計測法の進歩

竹内 延夫<sup>†</sup>

### Progress of Measurement Technique with Information Processing

Nobuo TAKEUCHI<sup>†</sup>

「重力波の検出」は、昨年ノーベル物理学賞を受賞したこともあり、「重力波天文学」をひらくものとして大きな話題となっている。アインシュタインの一般相対性理論の直接の検証として、理論が提唱されてから100年後の2016年に、距離 $L$ だけ離れた2点間で、振幅が $h$ の重力波が入射するとき、その距離は $\delta L = hL$ だけ変化すると言われる重力波がレーザー光の干渉法によって初めて観測された。これはLIGO(Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory)による観測で、約3000 km離れた米国ルイジアナ州リビングストンとワシントン州ハンフォードに設置された基線長4 kmのマイケルソン型レーザー干渉計で2015年9月14日に2つのブラックホールの合体による大爆発に伴う重力波が検出された。その観測が一般相対論の予測計算とピッタリ一致することからブラックホールの大きさも地球からの距離も決められ、2016年2月に発表された。 $h$ は $10^{-23} \sim 10^{-18}$ のオーダーであるが、 $L=4$  kmの基線長に共振器構造を採用するなどして感度を向上させ、微小の $\delta L$ を観測した。その後、EGO(European Gravitational Observatory)のVIRGOも稼働を始め、3ヶ所による観測によって重力波の発生源の方向の推定が可能となり、2017年8月には中性子星の合体による重力波も検出され、全世界の観測機関で同時観測が行われた。このように全世界で直ちにネットワークを組んで協力体制が取れるには、情報通信網の発展がある。情報通信網の発展はコンピュータ技術の進展による情報処理能力の発展と密接に関連している。情報処理能力の進化はリモートセンシングによる環境計測とも関連する。

重力波の観測とは直接結びつかないが、複数の静止画像から立体構造を構築するStructure from motion(SfM)の技術や、最近、発展が著しい人工知能(Artificial Intelligence: AI)も情報処理能力の進化の一例である。情報処理能力の進化は3次元計測である自動車の自律走行や3Dライダーにも大いに関係する。コンピュータの技術はノイマンの電子管式の時代から含めて記憶素子の密度の増加が18ヶ月(2.5年、3年という説もある)で2倍となるという指数関数的増加を示す「ムーアの法則」が1960年代から2010年代まで続いており、ナノスケールから並列化と主役が変わり、パラダイムシフトによりまだ継続するといわれている。

通常、収集 取捨選択、管理、および許容される時間内にデータの処理などに使用されるソフトウェアツールの能力を超えたサイズのデータ集合をビッグデータと呼んでおり、現在は、数十テラバイトから数ペタバイトの範囲である。今後の計測の進化はビッグデータの情報処理の発展が肝要であり、量子ドットレーザーや量子コンピュータの発展も期待される。これらにはレーザーも重要な技術としてかかわっており、情報処理の高速化が、光波の時間・空間・周波数・位相・偏光など光波に関するすべてのパラメータを自在に操作し、光のシンセサイザーやナノテクノロジー分野のプラズモニクスの発展が期待される。現在は、まさしくパラダイムの変換のエポックにあると言える。

ここで計測法としてリモートセンシング(RS)、その中でレーザーに関係するライダー(レーザーライダー)を考えてみる。ライダーは大気汚染、汚染気体の空間分布等の環境分野や、風速・風向、水蒸気、雲分布などの気象分野、地震被害・土砂崩れ等の災害被害、地形・構造物等の3次元構造の距離測定などの分野で用いられているが、3次元のイメージング計測では、反射率、スペクトル・パラメータ、偏光、ドップラーシフト、3Dデータの測定において、3Dライダーに大きな進展がみられる。また、構造物を広角でスキャン操作なしに瞬時に計測するフラッシュ型ライダーも検出器アレーにガイガーモードのAPD検出器アレーを採用して検出感度を向上させることにより装置の普及も現実味を帯びてきた。マイクロな構造の計測に目を向けると光コヒーレンストモグラフィ(OCT)や光周波数コム(OFC)による微細構造の3次元計測が実現している。これらはレーザーが中心的役割を果たしており、情報処理技術の進展がまさしく計測技術の高度化に貢献している。今後、ますます情報処理技術の進化とともに計測技術が発展することを望む。

<sup>†</sup> 千葉大学名誉教授(環境リモートセンシング研究センター 〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町1-33)

<sup>†</sup> Professor Emeritus of Chiba University (CEReS), 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263-8522