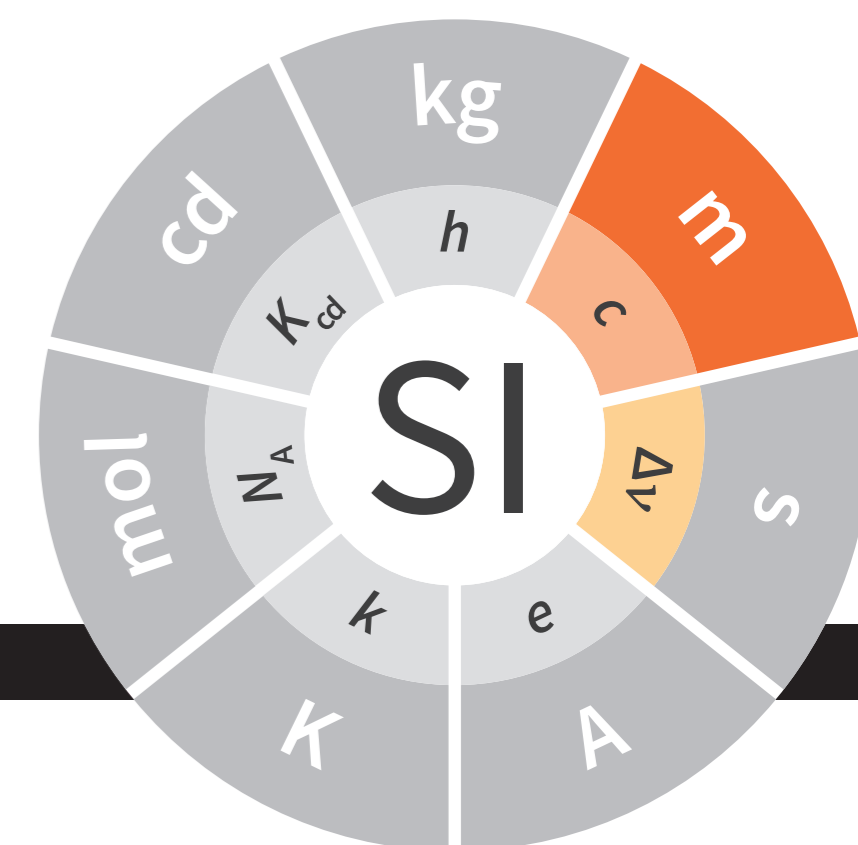


長さ (m)



長さは光（レーザー）の干渉を用いて精密に測定できます。具体的には、図1のように光路長差の変化により光が強めあったり弱めあったりする現象を用い、光の波長を基準に長さを測定します。光の波長は、光の速さ（定義値）を介して光の周波数（秒の定義に基づく測定）から求めます。

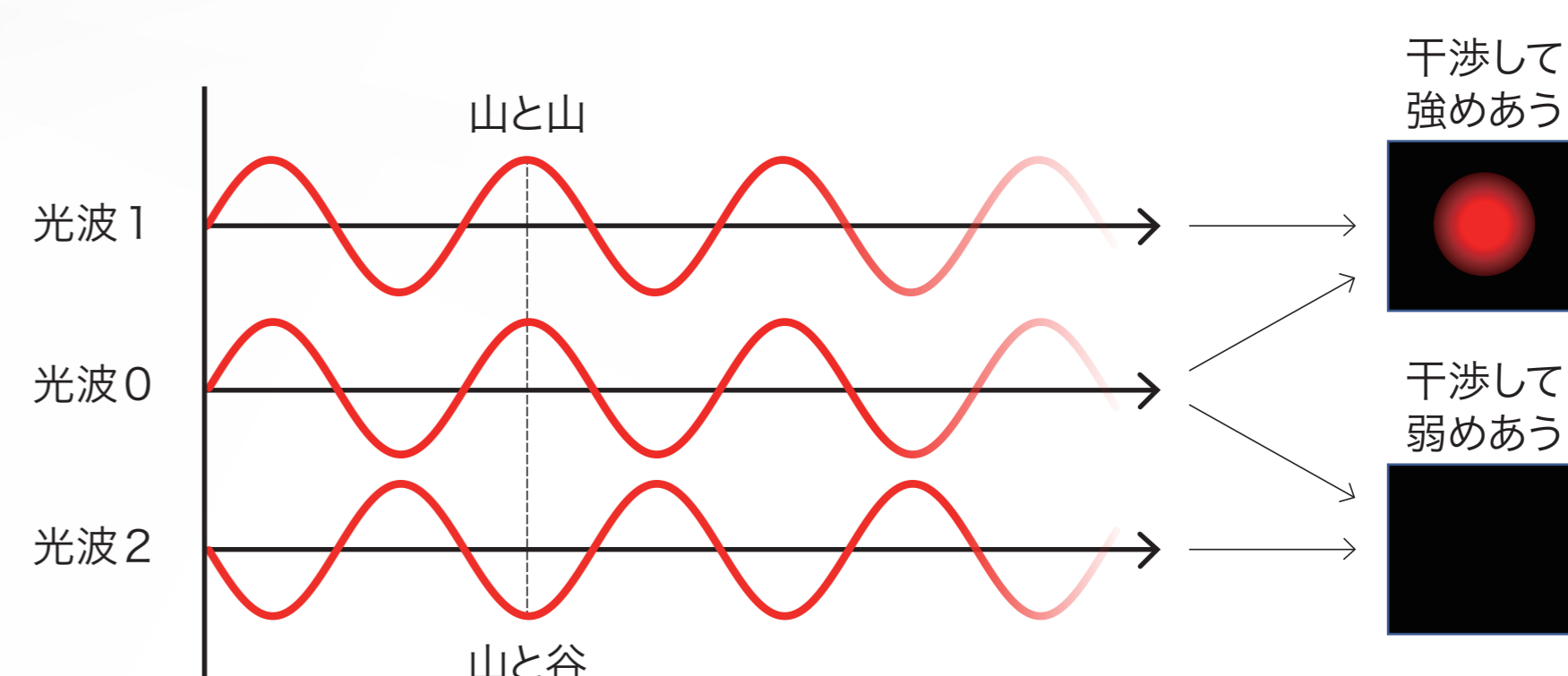


図1 光の干渉

そして、光周波数は、20世紀末に発明された**光周波数コム（光コム）**を用いて測定されます。光コムは時間軸上では超短光パルス列であり、周波数軸上で観察すると、図2に示すような等しい周波数間隔で並んだモード（コムモード）群となっています。

コムモード一本一本は連続発振レーザーとして扱うことができます。ゼロから数えて n 番目のコムモードの周波数 $\nu(n)$ は $\nu(n) = f_{\text{CEO}} + n \times f_{\text{rep}}$ と表すことができます（ n は整数）。 f_{CEO} は、コムモードを f_{rep} 間隔で仮想的にゼロまで延伸した時のあまりの周波数です。そして、 f_{rep} と f_{CEO} を周波数標準に位相同期することで光領域の $\nu(n)$ を一意に定めることができます。

さらに、ある連続発振レーザーと光コムの n 番目のコムモードとのビート周波数を f_{beat} とすれば、そのレーザーの周波数 ν_0 は $\nu_0 = f_{\text{CEO}} + n \times f_{\text{rep}} + f_{\text{beat}}$ と表すことができます。すなわち、通常数 10 MHz の三つのラジオ波周波数 f_{rep} 、 f_{CEO} 、および f_{beat} を測ることで光の周波数 ν_0 を測ることができます。

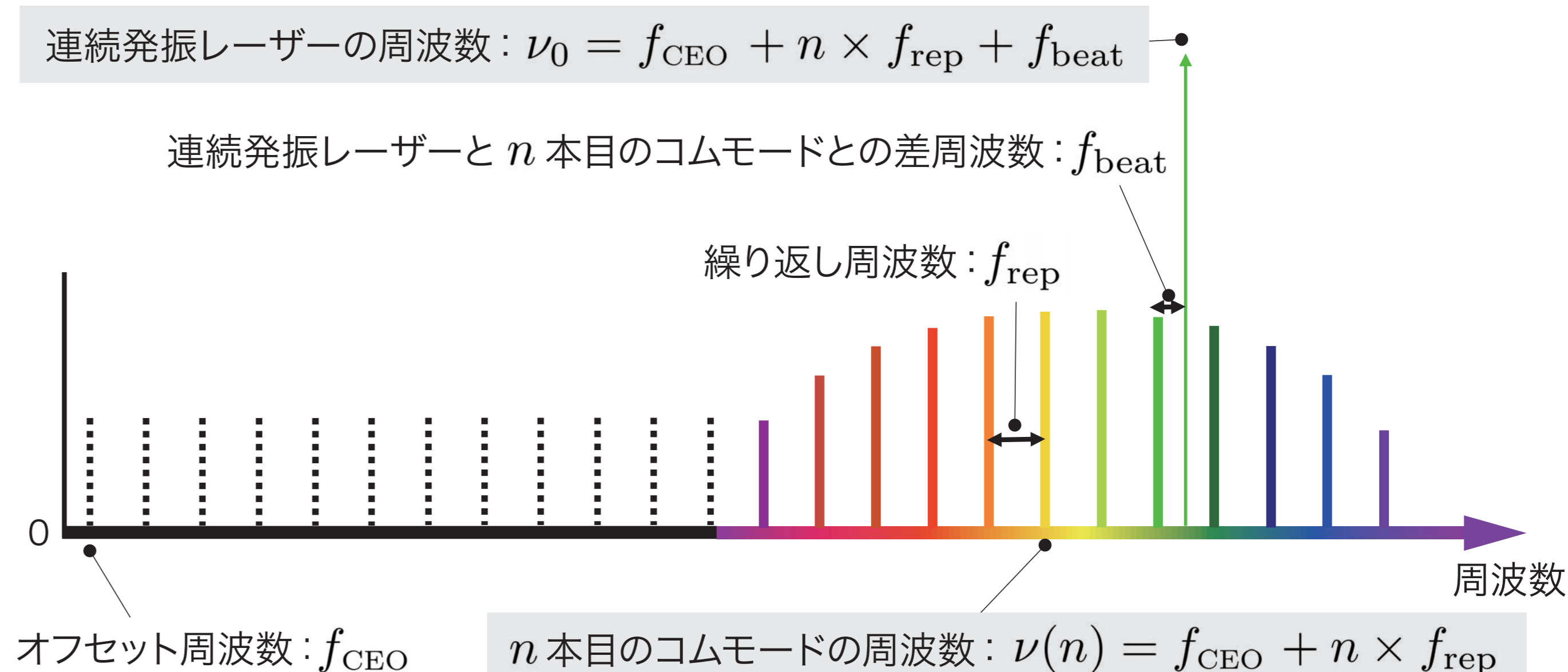


図2 光周波数コム

光コムによって「光周波数のものさし」が実現できれば、様々な波長安定化レーザーの周波数を校正することができます。校正された周波数からそのレーザーの波長を計算し、光干渉計を利用すると、レーザーの波長をものさしの目盛として長さが測定できるので、図3のように実用長さ標準器であるブロックゲージの寸法や標準尺の目盛間隔、長さ測定器である光波距離計などが校正できます。実用長さ標準器は、三次元測定機やリングゲージ、巻尺、直尺、マイクロメーターなど各種長さ測定機器の校正や検査に使われています。

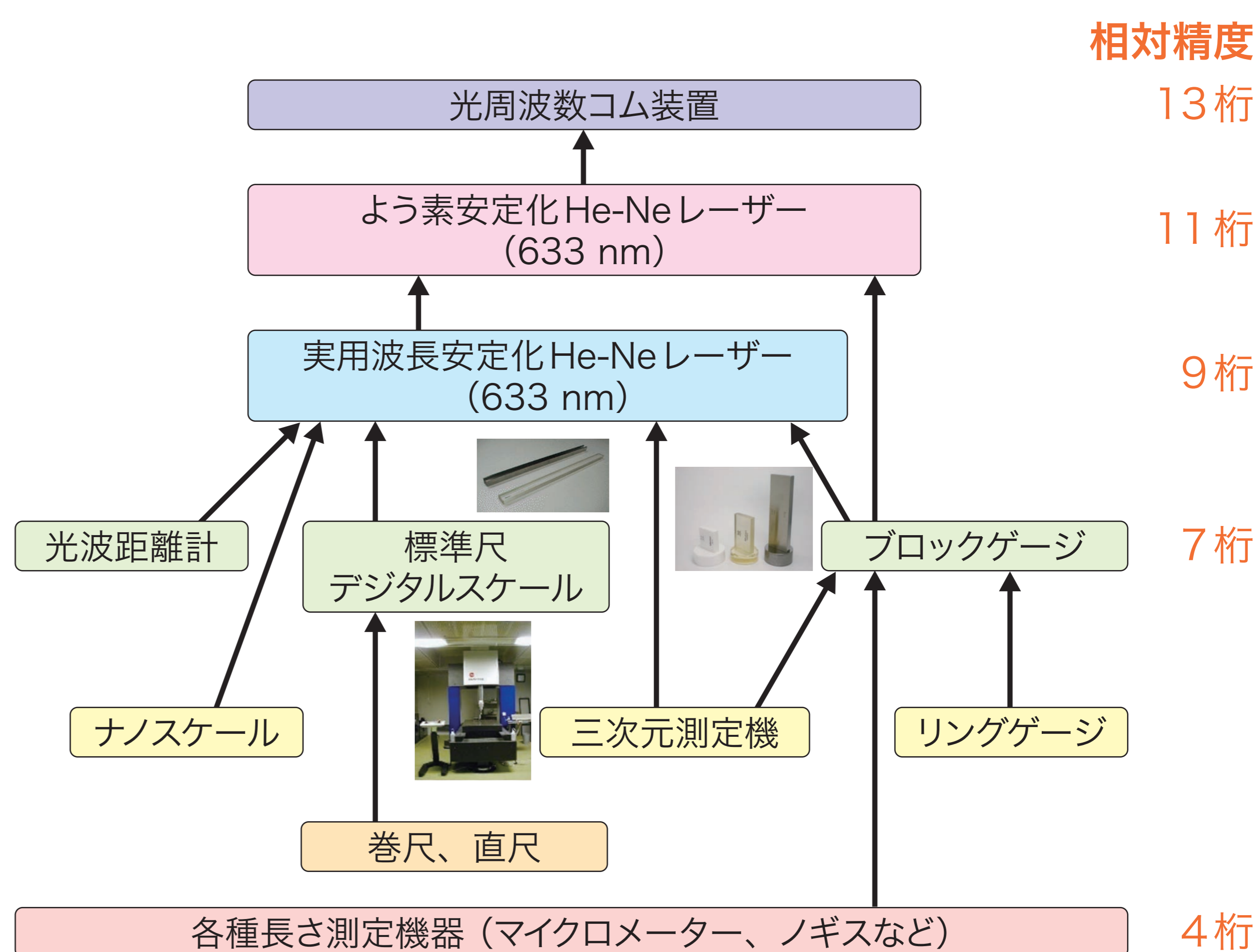


図3 長さのトレーサビリティ体系