



## 劉 紀元氏の論文紹介

山口 一郎

(理化学研究所光工学研究室)

劉紀元氏は長春市の中国科学院大学院在学中の 1993 年 4 月に中国科学院派遣研究生として理化学研究所光工学研究室に参加し、翌 94 年に埼玉大学理工学研究科博士後期課程に入学して、引き続き、外乱による干渉縞のゆれをフィードバック制御により止める能動型干渉計の研究を行った。1997 年 4 月より理化学研究所基礎科学特別研究員として上記の研究を継続し、「能動型干渉計による形状と変形の測定」に対して 1997 年 9 月に工学博士の学位を授与された。今回の受賞論文である、

正論文： J. Liu and I. Yamaguchi: "Observation of a fringe locking phenomenon in a self-feedback laser diode interferometer," Jpn. J. Appl. Phys., **37**, Part 1, No. 5A (1998) 2610-2619.

副論文： J. Liu and I. Yamaguchi: "Theory for fringe locking in a laser diode interferometer," Jpn. J. Appl. Phys., **37**, Part 2, No. 8A (1998) L933-L935.

は上記の学位論文の一部を発展させたものである。

能動型干渉計では電気的なフィードバック制御により振動や空気ゆらぎによる 2 光束干渉縞の動きをロックした。すなわち干渉縞の動きを空間フィルター検出器で電気信号に変換して、光源の半導体レーザーの注入電流にフィードバックすることにより周波数シフトを起こし、それと光路差の積に比例する位相変化を与えて縞の動きを打ち消したのである。これにより除震機構のないテーブル上で干渉縞をロックし、除震台上と同じ精度で鏡面形状を測定するのに成功した。この実験では通常行われるように半導体レーザーと干渉計の間にアイソレーターを挿入し、戻り光によるレーザー発振の乱れを抑えていた。ところが劉氏はこの実験中にフィードバック回路が切られているために数フリンジも動いている干渉縞が、アイソレーターを取り外すとロックされることをたまたま発見したのである。これは干渉計からレーザーに戻る光量が 0.1% 程度以上のときに観

察されるまったく新しい現象である。このロック現象が起こる条件、周波数応答、干渉縞の位相ゆらぎの大きさや周波数スペクトルなどを詳しく測定し、基本的にレーザーのモードホップが関わっていることを見いだしたのが正論文である。

この現象を理論的に説明するのに干渉計を外部共振器としてもつレーザー共振器のモデルをたて、その発振条件から干渉計の光路差変化によって引き起こされる発振波長の変化を計算し、それによる干渉縞の位相変動を求めたのが副論文である。この光路差の変化により、半導体レーザーには外部鏡が 1 枚のときには見られない微細構造を有するモードホップが生ずることが示された。干渉縞の位相変化は周波数変化と干渉計の光路差の積に比例し、 $2\pi$  の整数倍からのずれが小さい値となることが数値計算により示された。これにより干渉計の光路差がセンチメートル程度を超えると、それが波長の 10 倍以上も変化しても干渉縞はほとんど動かなくなることがわかった。ただし強度はモードホップにともなって不規則に変動する。波長変化と干渉縞の位相ゆらぎの計算値は実測値と非常によく一致し、モデルの正しさが立証された。

このように外部共振器として干渉計を持ち込んだ解析例は過去にみられず、まして縞のロック現象はまったく予想できないものであった。これにより外乱に強い干渉計測が非常に簡単な形で実現できることが明らかになった。

これらの仕事は劉氏が大変熱心にかつ注意深く半導体レーザーを使った干渉実験に取り組んだ努力から生みだされたものである。実験と計算を丹念に積み重ねる実行力と忍耐力がそれを支えたことになる。現在の進展と普及がめざましい半導体レーザーにおける新しい物理現象と干渉計測の拡大への応用の可能性の両面を示唆するこの一連の仕事が、今後一層発展することを祈ってやまない。