

レーザーの高速周波数リロック機構の開発

Development of a fast laser frequency relocking system

○大久保 章^{1,2}, 稲場 肇^{1,2} (1. 産総研, 2. JST, ERATO 美濃島知的光シンセサイザ)

◦Sho Okubo,^{1,2} Hajime Inaba^{1,2} (1. NMIJ, AIST, 2. JST, ERATO MINOSHIMA IOS Project)

E-mail: sho-ookubo@aist.go.jp

レーザー周波数のフィードバック制御による安定化は、研究のみならず、産業的にも重要な基本的技術のひとつである。原子分子吸収線や光共振器への周波数ロック、基準レーザーへの位相同期など様々な安定化手法が用いられているが、基本的には正常な誤差信号の入力が必要であり、また多くの場合、制御が有効となる周波数範囲が有限である。これらの条件を満たせなくなると、誤った制御により周波数が目標値から大きく外れて（ロックが外れて）しまい、復帰するには周波数の粗調から操作をやり直す必要がある。しかしながら、長時間連続で装置を稼働させたり、遠隔地で稼働させたりする場合、復帰作業はできるだけ避けたい。そこで、アナログ回路[1]、およびデジタル信号処理[2,3]を用いた自動リロック機構が提案されている。アナログ回路には、デジタル信号処理に比べて制御帯域を容易に高くできるといった特長がある。しかし、先行研究[1]のようにロック外れを検知した際にロックポイントを探すための制御信号掃引を行う仕組みだと、リロックまでに時間がかかる上、別のロックポイントにロックされてしまう危険もあった。

本研究では、通常のPID回路と時定数の大きな第2積分器、およびそれらのリセット操作を組み合わせた高速自動リロック機構を新たに考案し、製作した。Fig. 1(a)にその基本構成を示す。通常ロック時は、PID回路と第2積分器を使った制御となる。外乱などによりロック外れを検知したら、PID回路の積分をリセットするとともに第2積分器への入力をゼロにする。これにより時定数の大きな第2積分器によってロックが外れる直前の制御信号レベルが維持され、その後再びPID回路による制御が再開される。

Fig.1(b)は、光周波数コム f_{ceo} 制御において外乱発生時に通常のロック時と自動リロック作動時の制御信号の様子を示す。通常のロック時はPID回路の誤った積分演算によって制御信号が大きく発散しているが、自動リロック作動時は外乱発生時も制御信号が発散することなく即座にロック状態に復帰することが確認できた。さらに、信号光が遮られるような外乱にも対応できた。本講演では、具体的な適用例、マイコンをインターフェイスに用いたりリモート制御への応用例についても報告する。

本研究は、JST, ERATO美濃島知的光シンセサイザプロジェクト (JPMJER1304) 及びJSPS科研費 (15K21733) の助成を受けた。

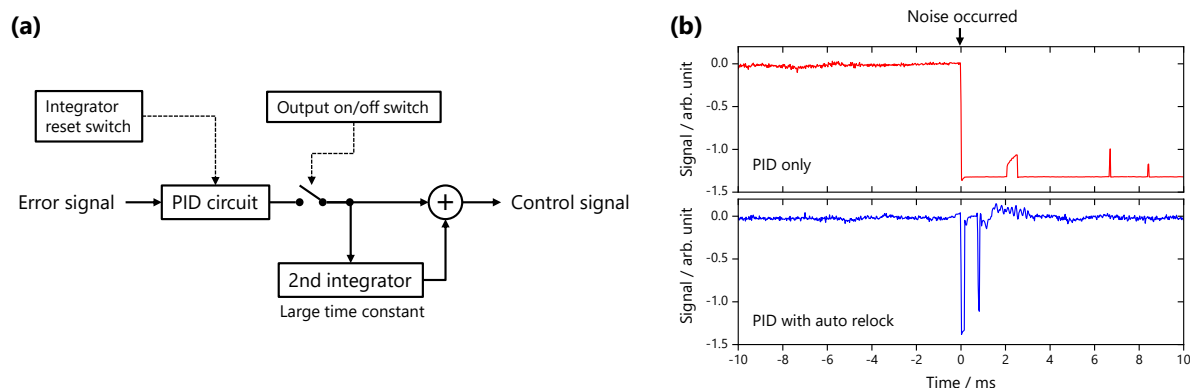


Fig. 1. (a) Schematic diagram of the relock system. (b) Control signal with and without the relock system.

[1] S. Haze, *et. al.*, Rev. Sci. Instrum. **84**, 026111 (2013). [2] K. Huang, *et. al.*, Rev. Sci. Instrum. **85**, 123112 (2013). [3] 伊藤功 他, 第76回応用物理学会秋季学術講演会, 13P-2D-8 (2015).