

WGM 微小共振器における CW-CCW 結合の光カーコム発生への影響

The impact of CW-CCW coupling in Kerr comb generation in WGM microcavity

○藤井 瞬、加藤 拓巳、吉岐 航、陣内 哲倫、小島 知也、岡部 悠介、田邊 孝純（慶大理工）

○Shun Fujii, Takumi Kato, Wataru Yoshiki, Akitoshi Chen-Jinnai, Tomoya Kobatake, Yusuke Okabe,

and Takasumi Tanabe

E-mail: takasumi@elec.keio.ac.jp

シリカトロイド微小光共振器は高 Q 値でありながら低モード体積を実現したオンチップデバイスでその光パワー密度は GW/cm^2 にも達する。これによりシリカ(SiO_2)のもつ $\chi^{(3)}$ の非線形光学効果を利用して光コムを発生することができる。このような光コムは光カーコムともよばれ、1 オクターブ以上の帯域で発生することも確認されている¹。一方で、シリカトロイド共振器では表面に付着した散乱体や構造欠陥によって通常の進行方向(CW)とは逆方向(CCW)に伝搬するモードがあることが知られている²。光カーコムにおいてソリトン条件を満たすためには、共振器が異常分散を有する必要があるが、近年、結合モードがソリトン発生に及ぼす影響に関して、多くの議論がなされている³。そこで、本研究では CW モードと CCW モードの結合が光カーコム発生に及ぼす影響について調査した。

実験セットアップを Fig. 1(a)に示す。単一波長にて CW 方向に励起して、光カーコムを CW 方向と CCW 方向で同時に観測した。

CW-CCW モード結合は透過スペクトルを測定したときに共振モードがスプリットすることでその程度が判断できる。結合が強いほどスプリット幅 κ は大きくなることが知られており、線幅 γ との比でモード結合の強さ $\Gamma = \kappa/\gamma$ が得られる。

CW 方向と CCW 方向で光カーコムを観測した結果を Fig. 1(b)と(c)にそれぞれ示す。励起の条件を適切に調整すると、ソリトン解で特徴的な、(dB 表示の場合)三角形の包絡線を有するスペクトルが得られる。一方で、CCW 方向では励起光を調整しても Fig. 1(c)に示すように包絡線の凹凸が大きなスペクトルしか得られない。その原因を探るために、我々はこれらの縦モードの透過スペクトルを測定して Γ を求めた。透過スペクトルの例を Fig. 1(e)に、各縦モードでのまとめた結果を Fig. 1(d)の青点で示す。黒点は CW 方向と CCW 方向のパワー比である。その結果、CW 方向と CCW 方向のパワー比が Γ と強い相関にあることが分かった。

この結果は、CCW モードで観測される光カーコム成分は、初めに CW 方向で光カーコムによってスペクトルが広がったのちに、各縦モード固有の Γ によって CCW 方向に結合していることを意味している。

Fig. 1(d)の結果は、非線形光学効果は CW モードで生じた後に CCW モードに線形結合していることがわかり、一見理解し易い。しかしながら、CW 方向に限った議論においても、各縦モードにおける κ が異なれば、縦モード間隔は等間隔でなくなるため、四光波混合に必要な位相整合条件(あるいはエネルギー保存条件)を満たさないはずである。したがって、CW 方向でソリトン解が得られることは当然ではない。実際に入力を最適化しない場合には、CW 方向においてもスペクトル包絡線に凹凸が観測される。適切なパラメータを選択することで、CW モードではその影響が緩和されるが、その場合でも CCW 方向は結合の強さ Γ に応じた凹凸が存在することが実験的に示されたことになる。

当日は、シミュレーションを用いた解析についても発表に含める予定である。

1. P. Del'hay, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **107**, 6 (2011).
2. W. Yoshiki *et al.*, Opt. Express **23**, 30851 (2015).
3. Y. Liu *et al.*, Optica **1**, 137 (2014).

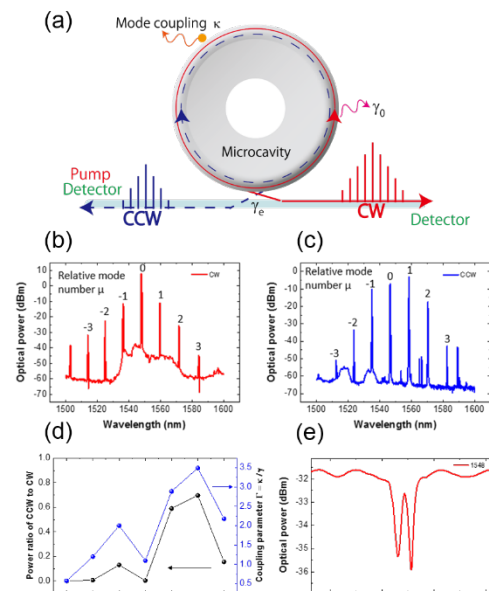


Figure 1 (a) Schematic illustration of CW and CCW comb in a microcavity. (b) Observed CW comb which is the same direction to the pump and attenuated 10dB. (c) Observed CCW comb. (d) The relationship between power ratio and coupling parameter. (e) Transmission spectrum with mode splitting.