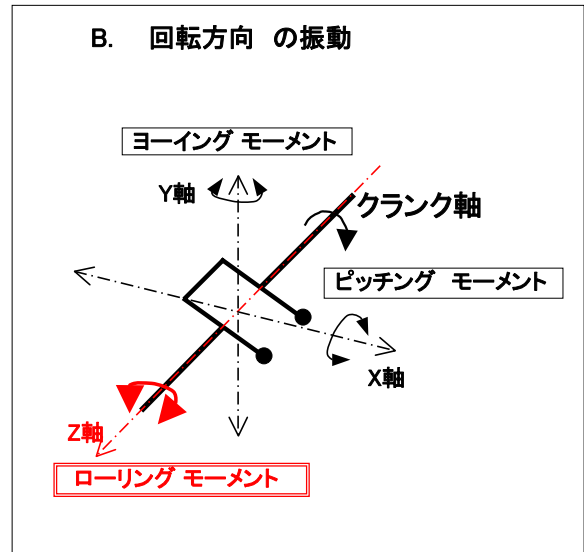
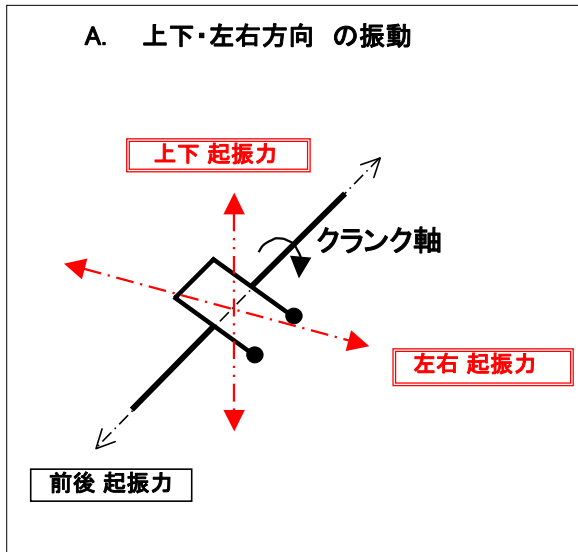
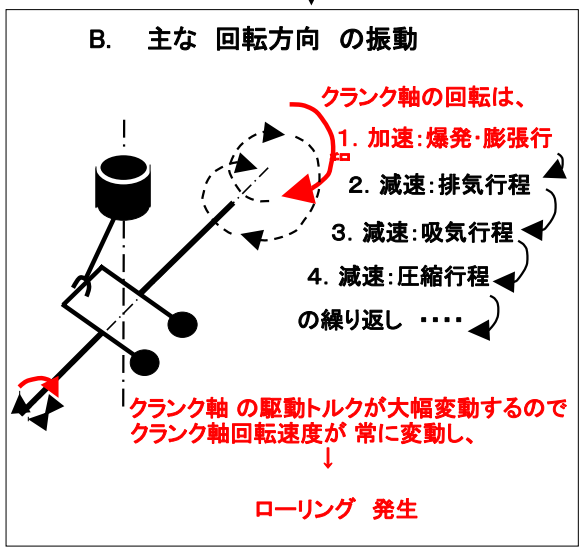
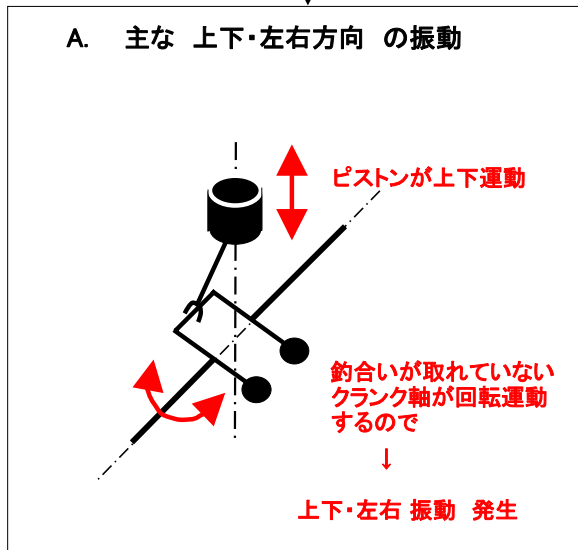


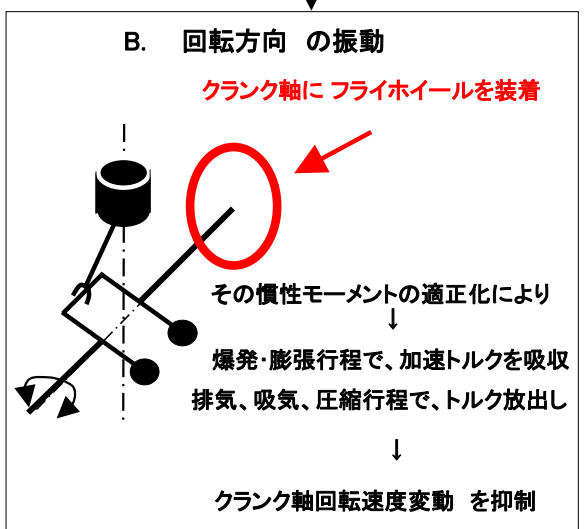
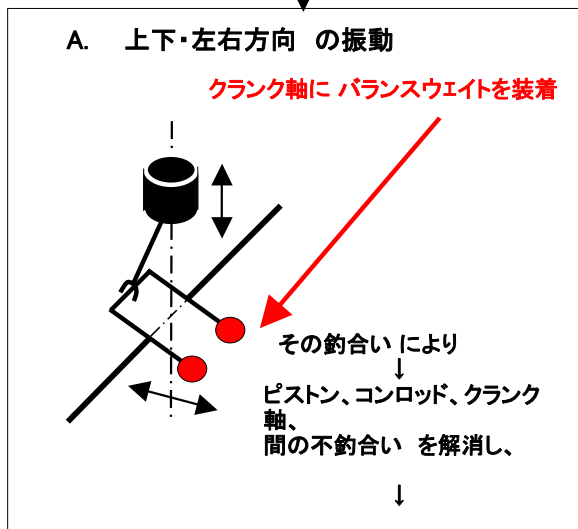
1. エンジン振動には、大きく分けて下記のA, B の2種類ある



2. その原因は、



3. その対策は、



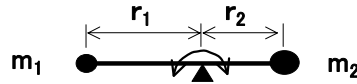
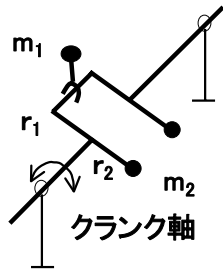
次項へ

→ テキスト[10] 3.5 フライホイール 参照

4. 単気筒エンジンでの「A. 上下・左右方向の振動」を考える

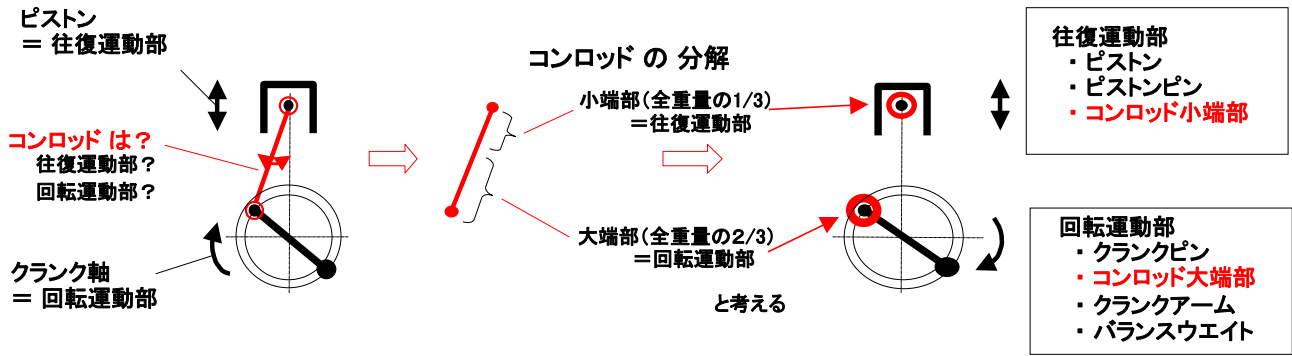
単気筒エンジンの釣合い の考え方

1) 釣合い (バランシング) の考え方は、「やじろべえ」が基本

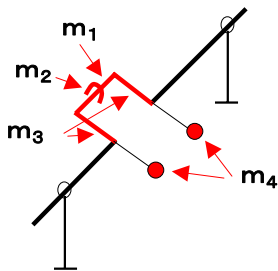


$$m_1 \times r_1 = m_2 \times r_2 \quad - (1)$$

2) エンジンの「往復運動部分」と「回転運動部分」とを分けて考える



3) まず、「回転運動部」の釣合い を考える



- 各質量を
- ・クランクピン m_1
- ・コンロッド大端部 m_2
- ・クランクアーム m_3



各々の重心までの距離を r_1, r_2, r_3, r_4 とすれば、(1)式から

$$\text{完全に釣り合わせる場合は、} \quad \sum (m_i \times r_i) = m_4 \times r_4 \quad - (2)$$

4) 次に、「往復運動部」の釣合い を考える



注記 1)

前項3)の「回転運動部釣合い」の(2)式で、クランクピン、コンロッド大端部、クランクアームはバランスイイト「 m_4 」で完全に釣り合せるとした。その状態では、回転させても慣性力変化は生じない。

そこで意図的に、更にバランスイイト「 m_5 」を加えて不釣り合いにし、慣性力変化を発生させた場合 を考える。
「オーバー・バランシング」と呼ばれる手法である。

ピストンの加速度は テキスト[10]の(3.20)式から、

$$\frac{d^2S}{dt^2} = r\omega^2(\cos\theta + 1/\lambda \cos 2\theta + \dots) = \alpha \quad - (3)$$

ここで、S: ピストンストローク
r: クランク半径
 ω : クランク回転角速度
 λ : 連桿比 3~4

従って、「ピストンの往復慣性力 F」は、

$$F = -m_p \alpha = -m_p r \omega^2 \cos\theta \quad - \quad m_p r \omega^2 \times 1/\lambda \cos 2\theta \quad - (4)$$

(垂直1次成分) (垂直2次成分)

一方、「バランスウエイト m_5 の遠心力G」は $m_5 r \omega^2$ であり、その垂直、水平成分 G_y, G_x は、

$$G_y = m_5 r \omega^2 \cos\theta \quad - (5)$$

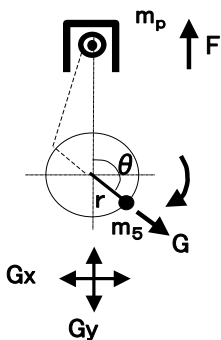
$$G_x = m_5 r \omega^2 \sin\theta \quad - (6)$$

(4)式、(5)式 から、 $m_5 = m_p$ と設計すれば、「ピストンの往復慣性力F」の 垂直1次成分 F_1 は、

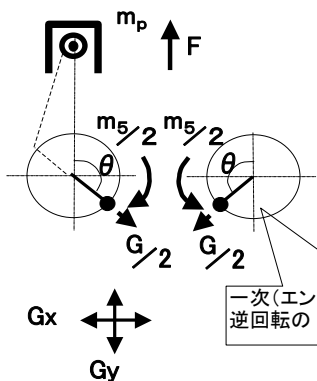
$$F_1 + G_y = -m_p r \omega^2 \cos\theta + m_5 r \omega^2 \cos\theta = 0 \quad - (7)$$

となつて、バランスウエイト m_5 の垂直成分 G_y と打ち消し合い、ゼロに出来る。

このとき、バランスウエイト m_5 の水平成分 G_x が逆に発生してしまうが、人間は横よりも縦の振動に非常に弱いので、以上のように、オーバー・バランスングによって、縦の振動を抑制する方が好まれる。



5) 「 balanser シャフト」を追加した場合の、「往復運動部」の釣合い を考える



一次(エンジン回転数と同一)の、但し逆回転の バランスシャフト を追加

前項4)と同じく、回転運動部は一旦、釣合させた上で、意図的にバランスウエイト「 m_5 」を加えて不釣り合いにした場合 を考える。

(4)式、(5)式 で、 $m_5 = m_p / 2$ と設計し、更に、エンジン回転数と同一で逆回転の同じく $m_5 (= m_p / 2)$ の balanser シャフトを追加した場合 を考える。(左図)

「バランスウエイト m_5 は、balanser シャフトの m_5 と足して、 m_p となり、結局、両者合計の垂直成分 G_y は、 $G_y = m_p r \omega^2 \cos\theta$ で、ピストンの往復慣性力Fの垂直1次成分と相殺
水平成分 G_x も、バランスウエイトとbalanser シャフトとが同一質量 m_5 で逆回転なので相殺

未だ、ピストンの往復慣性力Fの垂直2次成分 $F_2 = m_p r \omega^2 \times 1/\lambda \cos 2\theta$ は、残っているが、垂直1次成分に比べれば $1/\lambda$ の大きさであり、対策効果は大きい。

以上のように、適度なオーバー・バランスング と balanser シャフトを追加することで、エンジンの垂直方向、水平方向とも、振動がかなり抑制されたエンジンが実現出来る。