主焦点ユニット内で発生する熱量の概算

小宮山 裕

1997 年 4 月 18 日

1 発熱源

主焦点ユニット内において発生する熱の熱源としては、CCD 冷却のための冷凍機が発生する熱、エレクトロニクスの発する熱、可動部であるシャッター、フィルター交換機構のモーター、ドライバーの発する熱、が考えられる。またこれらの熱源は、カメラ固定用の支円筒 (通称ドカン) の内側にあるものと外側にあるものに二分することができる。以下では個々の熱源について発生する熱量を概算していく。

1.1 冷凍機

冷凍機が消費する電力は cold head の温度により変わってくるが、cool-down 時にはフルパワーで運転しているため約 60 W の電力を消費している。この時は head の冷却による排熱も同時に行なわれているので、60+3 W 程度の熱が発生していると考えられる。

-100° まで冷却した時に冷凍機は必要とされる排熱能力 (3W@-100°) をメーカー規定値 30 W の電力投入で達成できるので一旦冷却された後はこの状態で運転されているものと考えられる。この時は 30+3 W の熱が発生していると考えられる。

$$\dot{Q} = 63W \tag{1}$$

$$= 33W \tag{2}$$

1.2 エレクトロニクス

Suprime-Cam Final Design Review 資料によると、CCD 1 つ当たりのエレクトロニクスの発熱は約 1 W と見積もられるので、10 つの CCD を使う Suprime-Cam では約 10 W と見積もられる。

$$\dot{Q} = 10W \tag{3}$$

1.3 シャッター

モーターからの発熱は負荷の大きさ、回転数、などによって変わってくるため投入電力から負荷を動かすために使った仕事を差し引いた分がすべて熱に変わるという仮定をして最大値を示すこととする。トルクが T(= F r)、回転数が ν(= v/r) の時、モーターの仕事率は、T ν であることを使って負荷を動かすために使った仕事率を求める。

シャッタープロトタイプ機に関するレポートより、安定してシャッターが動く入力パルス周波数として 900 Hz の場合を考える。オリエンタルモーター総合カタログより、この時の PK266-02A のトルクは約 0.7 N m であり、1 パルス 1.8° なのでモーターの回転は 4.5 Hz である。従ってモーターの仕事率は $0.7 \times 4.5 = 3.15$ W である。またこの時モーターには 24 V で 1.7 A の電流が流れることから、モーターから発生する熱の最大値は以下のように見積もられる。

$$\dot{Q}_{max} = 24 \times 1.7 - 3.15 \quad (4)$$

$$= 37.65W \quad (5)$$

1.4 フィルター交換機構

フィルター交換機構についている熱源としては、エレベーターを上下させるためのモーターとフィルターを出し入れするための超音波リニアーアクチュエーターがある。前者はシャッターのところで述べたものと同じと仮定し、ここでは後者について考える。

すでに製品化されている L-50 についてはカタログに示されているように 30 V、30 mA の入力に対し、例えば 100 mm/s の速さで動かした時 20 gf のトルクが出ることが測定されている。シャッターのところと同様にして投入電力と仕事率を計算すると

$$\dot{Q}_{in} = 30 \times 0.03 \quad (6)$$

$$= 0.9W \quad (7)$$

$$\dot{Q}_W = 20 \times 10^{-3} \times 9.8 \times 0.1 \quad (8)$$

$$= 0.02 \quad (9)$$

となりほとんどの投入電力が loss されていることが分かる。

現在 Nikon で開発が進んでいる L-100 についてはまだまだ不明な点は多いが、回路入力が 12 V、0.2 A であるそうである。L-50 ではほとんどの投入電力が loss されていることを考えると、ほとんどが熱に変わると考えて良いので

$$\dot{Q} = 12 \times 0.2 \quad (10)$$

$$= 2.4W \quad (11)$$

2 発熱

2.1 支円筒 (ドカン) の内側

支円筒 (ドカン) の内側には、冷凍機とエレクトロニクスが入る。現在は冷凍機を 2 台使用することになっているので、支円筒 (ドカン) の内側で発生する熱量は以下の表のようになる。

発熱 *(W)*	平常時	フル稼働時
冷凍機	66	126
エレクトロニクス	10	10
合計	76	136

2.2 支円筒 (ドカン) の外側

支円筒 (ドカン) の外側には、シャッター、フィルター交換機構のモーターがある。しかしこれらのモーターはすべてが同時に動いていることは全くなく、

1. シャッターの開閉時にモーター 1 つが動いている状態、
2. フィルター交換時に 4 つの超音波リニアーアクチュエーターが動いている状態、
3. フィルター交換機構の 2 つ (仮) の上下移動用モーターが動いている状態、

の 3 通りが考えられる。(それとは別に全く動いていない場合もある) 参考のためにすべてのモーターが動いた場合も併記する。

発熱 *(W)*	平常時	フル稼働時
シャッターのモーター	37.7	75.3
超音波リニアーアクチュエーター	9.6	57.6
フィルター交換機構のモーター	75.3	75.3
合計	122.6	208.2

3 まとめと課題

支円筒 (ドカン) の内側はフル稼働に備え 136 W の排熱能力が必要である。また支円筒 (ドカン) の外側はすべてのモーターが同時に動くことはなく、またモーターの稼働時間がそれほどあるわけではないので、100 W もの排熱ができれば十分過ぎると考えられる。

今回は動いていない時にモーター (ドライバー) からの発熱がどれほどあるのかつめられていない。主焦点ユニットの排熱能力が上記の値を十分にクリアしているのであれば問題ないが、ギリギリの場合はもっと正確な値を出す必要がある。

参考資料

- ダイキンスターリング冷凍機ユニット取扱マニュアル
- ダイキン社製冷凍機の性能試験レポート
- Suprime-Cam Final Design Review 資料
- シャッタープロトタイプ機に関するレポート
- オリエンタルモーター総合カタログ
- Nikon リニア型超音波アクチュエータカタログ