

解説04 スキー写真から
雪面上のスキーの軌跡を描く
佐橋稔雄 2019, 11, 21

「雪面垂直観察法^{1,2)}」という論文名で雪面画像の描き方が述べられた。一般に、スキー運動は斜め横から観察されている。これを垂直方向で、上方から観察している様に描き直す事が出来たなら、スキー運動は見やすくなるであろう。その方法が、上記論文に書かれている。少々複雑である。この解説04では、同様の描き方を、図形をもっと多く用いて、少しは分かり易くなる様な積りで描き直されている。

スキー運動を斜め横から見ている写真の1例を、図1に示す。写真がグラフ用紙の上に、貼り付けられているのは、写真の中のスキーの位置を測る為である。

1. カメラでスキー場を写す。

図2(a)は、スキーが滑降する雪面を、脚立の上から、カメラで撮影している様子である。図2(a)から、 h はカメラの高さである。斜め前方から見ると、図2(c)の様になる。図2(c)から、写真面($E_1E_2E_3E_4$)の座標は(S, T)である。雪面($D_1D_2D_3D_4$)の座標は(X, Y)である。カメラPから雪面($D_1D_2D_3D_4$)を見ると、視野の中心はOとなる。

図2(b)は、図2(a)のPQD₇面である。図2(b)から、 A_0 を中心角と名付けると、 $\angle POQ = A_0$ となる。カメラが向く方向を上下に変えると、 A_0 が変る。 A_0 は、用いた写真に固有の値である。写真面は、正確にはOからレンズPを通り、線O-Pの延長線上にある。ここでは、描き易い様に、写真面をP-O間に描いた。

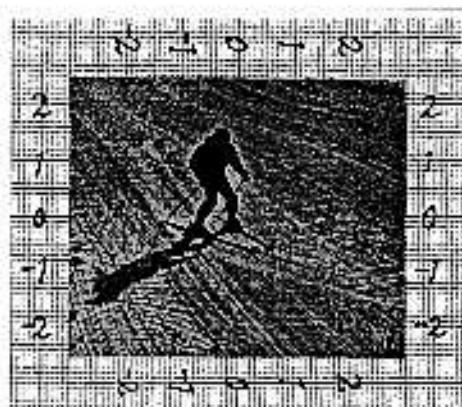


図1 グラフ用紙の上に貼り付けられたスキー写真。写真からスキー座標を読み取る方法、市野 朴の木平スキー場 1994, 2, 4

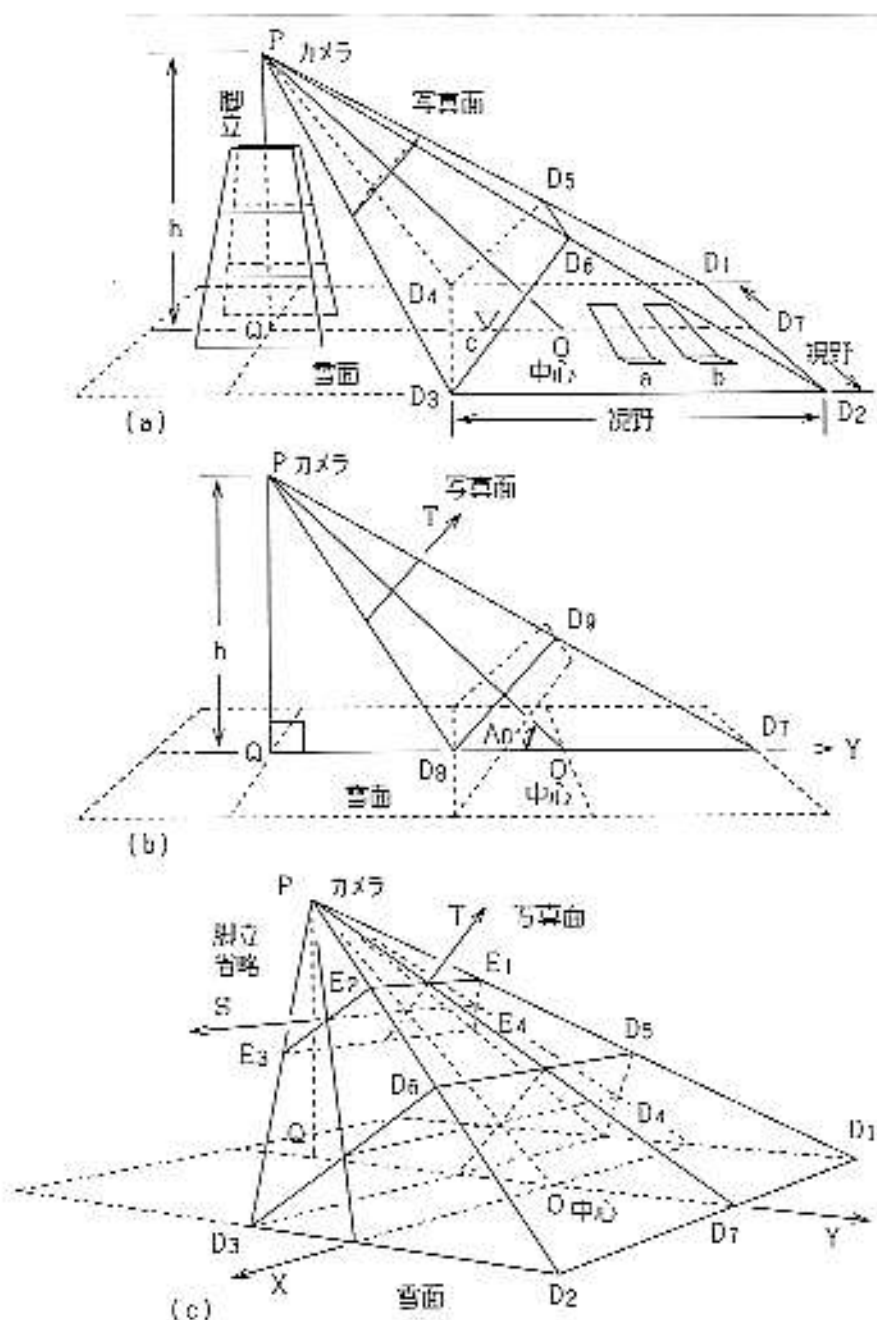


図2 (a)雪面を脚立の上からカメラで撮影する。(b)PQD₇面図。(c)斜め前方から見た図。

2. 写真から雪面上の位置を
求める。

図3(a)の様に、雪面上に縦棒
がある場合に、棒の端の位置 Y
を求める。図3(a)の P と縦棒
を含む面を実線で示すと、図3
(b)の三角形 $PQD_6OY_1Y_2D_7$ とな
る。図3(a)のカメラのレンズ
 P と写真面の間を、図4(b)に描
き直す。図4(b)では、 Y_1 は、レ
ンズから写真面の位置 T_1 を通
過して、角度 B_1 の延長線上に
ある。図4(b)のように、レンズ
と写真との間の長さを L_F とす
る。 L_F は図4(c)の様に、長さ h
と Y_F が分っている時に、 h_1 を
撮影すれば、写真上の長さ t_1
から L_F が分る。

焦点距離 L_0 については、図4
(d)の様に、レンズにより焦点
面に写された像が拡大され、写
真面の像ができる。図3(a)の
雪面近くを描き直すと、図3
(c)の様に、中心角 A_0 と角 A_{00} が
できる。 A_0 と A_{00} は互いに補角
になっている。図3と図5から、
角 $\angle PY_1Q = A_1$ と角 $\angle Y_1PO = B_1$
を定義する。カメラ P の高さ h
は実測出来る。図3, 4, 5から、

$$\frac{T_1}{L_F} = \tan B_1, \quad \frac{h_1}{Y_F} = \frac{t_1}{L_F}$$

$$A_0 + A_{00} \quad A_1 + B_1 + A_{00} = 180^\circ,$$

$$A_1 = A_0 - B_1, \quad \frac{h}{Y_1} = \tan A_1,$$

$$Y_1 = \frac{h}{\tan A_1} = \frac{h}{\tan(A_0 - B_1)}$$

..... (1)

こうして、 h と L_F と A_0 が分れ
ば、写真上の位置 T_1 から角度
 B_1 が分り、雪面上の位置 Y_1 を
得る事ができる。

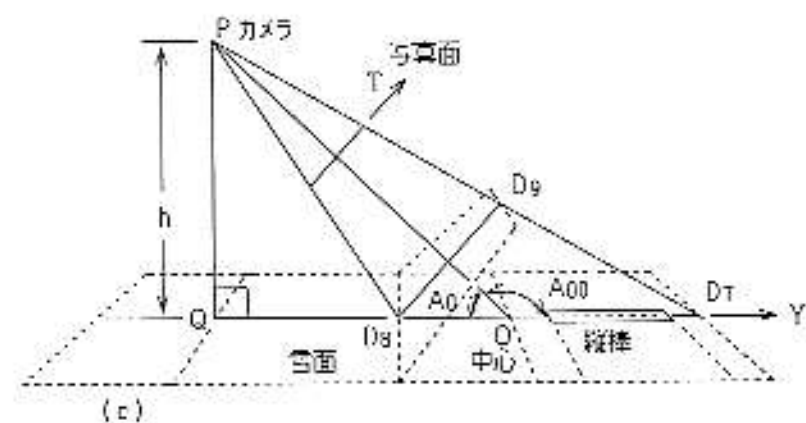
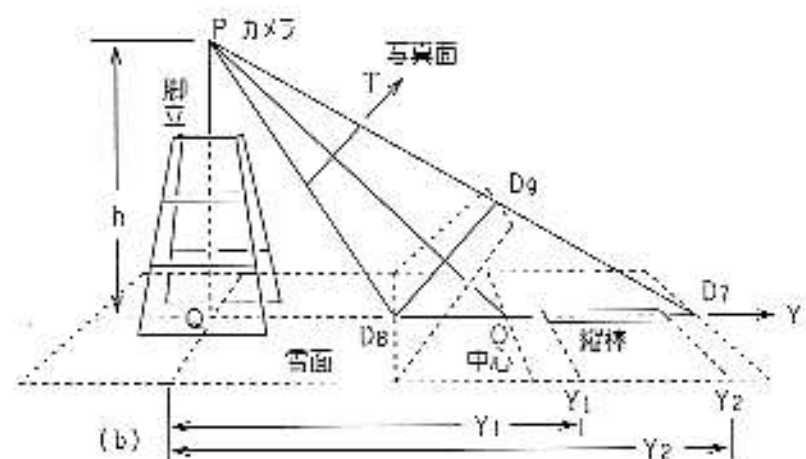
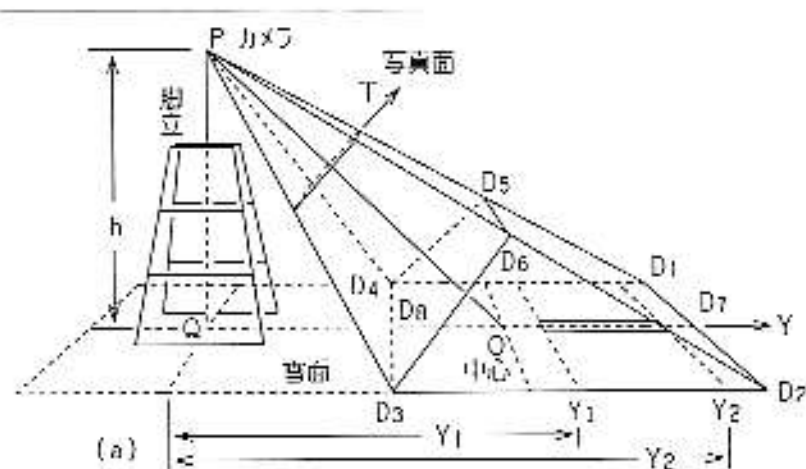


図3 雪面に縦棒を置いた図。

3. 中心角 A_0 を求める方法。

雪面上の位置を求める為の h と L_F は、上の様
にして得られる。残るのは、中心角 A_0 である。
この A_0 を求める為には、いくつかの方法があ
る。

その1番目は、図3(a)のように雪面上に縦
に、大きさが分っている1本の棒があり、それが
写真に写っている場合である。縦棒には、長さ
1m~2mのスキーを想定している。図3(a)の三
角形 $PQD_6OY_1Y_2D_7$ を実線で示すと、図3(b)となる。

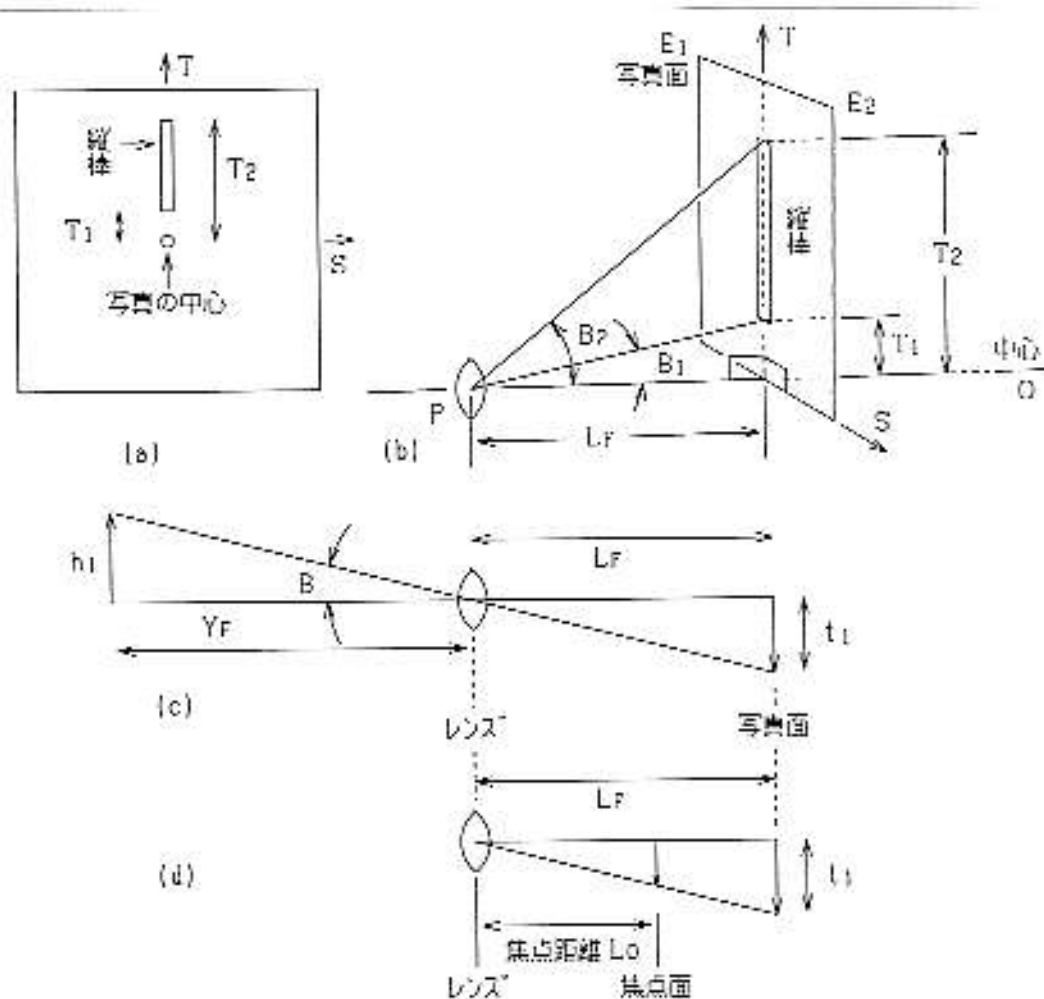


図4 (a)写真面の座標. (b)レンズと写真面間の立体図. (c)レンズと写真間の長さ L_f . (d) L_f とレンズと焦点距離 L_o .

Pと写真面の間を描き直すと、図4(b)となる。

$$Y_2 - Y_1 = \text{縦棒の長さ} = S_V$$

$$\begin{aligned} \frac{T_1}{L_f} &= \tan B_1, & \frac{T_2}{L_f} &= \tan B_2. \\ A_0 + A_{00} &= 180^\circ, \\ A_1 + B_1 + A_{00} &= 180^\circ, \\ A_2 + B_2 + A_{00} &= 180^\circ, & A_1 &= A_0 - B_1, \\ A_1 + B_1 &= A_2 + B_2 = A_0, & A_2 &= A_0 - B_2. \end{aligned}$$

三角形PQDとOD₂を図5に描き直す。図3(b)と図5から、 Y_1 と Y_2 は、

h と L_f が分れば、図3(b)と図4(b)と図5から、写真上の長さ T_1, T_2 は角度 B_1, B_2 に変わり、雪面上の長さ Y_1, Y_2 に変わる。 $Y_2 - Y_1$ を測定可能な棒の長さ S_V にすれば、分っていない値は A_0 のみとなり、 A_0 を得る事ができる。棒の長さ S_V をスキーの長さに置き換えれば、用いたスキー写真の A_0 が得られる。

$$\begin{aligned} \frac{h}{Y_1} &= \tan A_1, & \frac{h}{Y_2} &= \tan A_2. \\ \frac{h}{\tan A_1} &= Y_1, & \frac{h}{\tan A_2} &= Y_2. \\ Y_2 - Y_1 &= \frac{h}{\tan A_2} - \frac{h}{\tan A_1} \\ &= \frac{h}{\tan(A_0 - B_2)} - \frac{h}{\tan(A_0 - B_1)} \dots (2) \end{aligned}$$

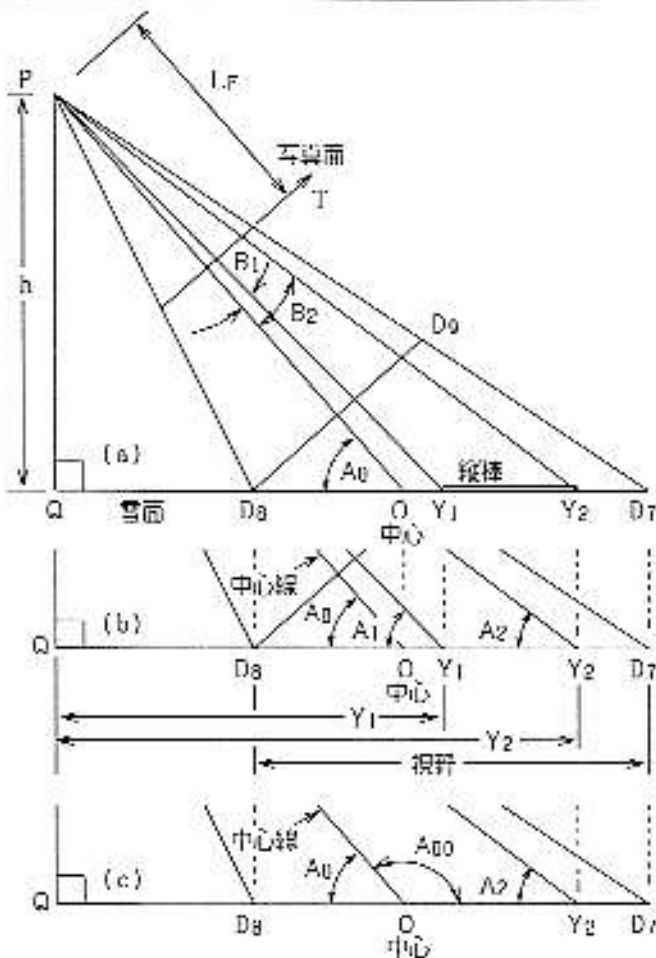


図5 中心角 A_0 の定義

その2番目は、図6(a)のように雪面上に横に、大きさが分っている1本の棒があり、それが写真に写っている場合である。カメラPと写真と横棒を含む面を描き直すと、図6(b)と図7(b)になる。カメラPとQと雪面の中心Oと D_1 を通る面を描くと図6(c)となる。Pから横棒までの長さは、 L_1 である。図6(c)で、Pと写真面の横棒の像までの長さを、 L_{c1} とする。それを描き直すと、図7(a)となる。図6と図7から、

$$\begin{aligned} \frac{T_1}{L_f} = \tan B_1, \quad \frac{L_f}{L_{c1}} = \cos B_1, \quad \frac{h}{L_1} = \sin A_1, \\ \frac{S_1}{L_{c1}} = \frac{X_1}{L_1} = \tan C_1, \quad \frac{S_2}{L_{c1}} = \frac{X_2}{L_1} = \tan C_2, \\ A_1 + B_1 = A_0 \\ X_1 = L_1 \frac{S_1}{L_{c1}} = \frac{h}{\sin A_1} \frac{S_1}{L_{c1}} = \frac{h}{L_f} \frac{\cos B_1}{\sin A_1} S_1, \\ X_2 = L_1 \frac{S_2}{L_{c1}} = \frac{h}{\sin A_1} \frac{S_2}{L_{c1}} = \frac{h}{L_f} \frac{\cos B_1}{\sin A_1} S_2, \\ X_1 + X_2 = \frac{h \cos B_1}{L_f \sin A_1} (S_1 + S_2) \\ = \frac{h \cos B_1}{L_f \sin(A_0 - B_1)} (S_1 + S_2) = \text{横棒の長さ} = S_x. \end{aligned}$$

h と L_f が分れば、図7(a)と(b)から、写真上の長さ T_1 は角度 B_1 に変わる。 $S_1 + S_2$ は横棒の写真上の長さである。雪面上の長さ $X_1 + X_2$ を、測定可能な横棒の長さ S_x にすれば、分っていない値は A_0 のみとなる。それ故、 A_0 を得る事ができる。横棒の長さ S_x をスキーの長さに置き換えれば、用いたスキー写真の A_0 が得られる。

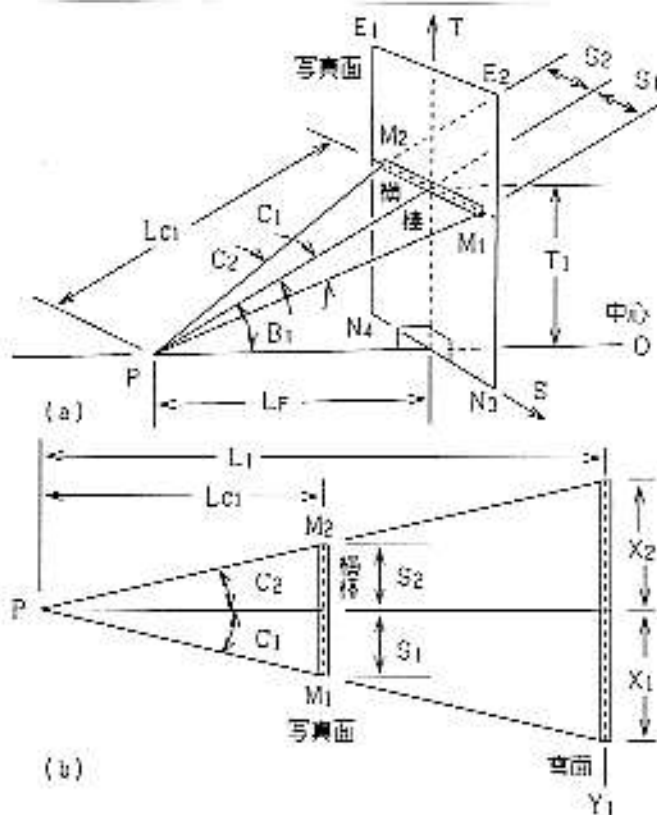


図7 レンズと写真面間の図。

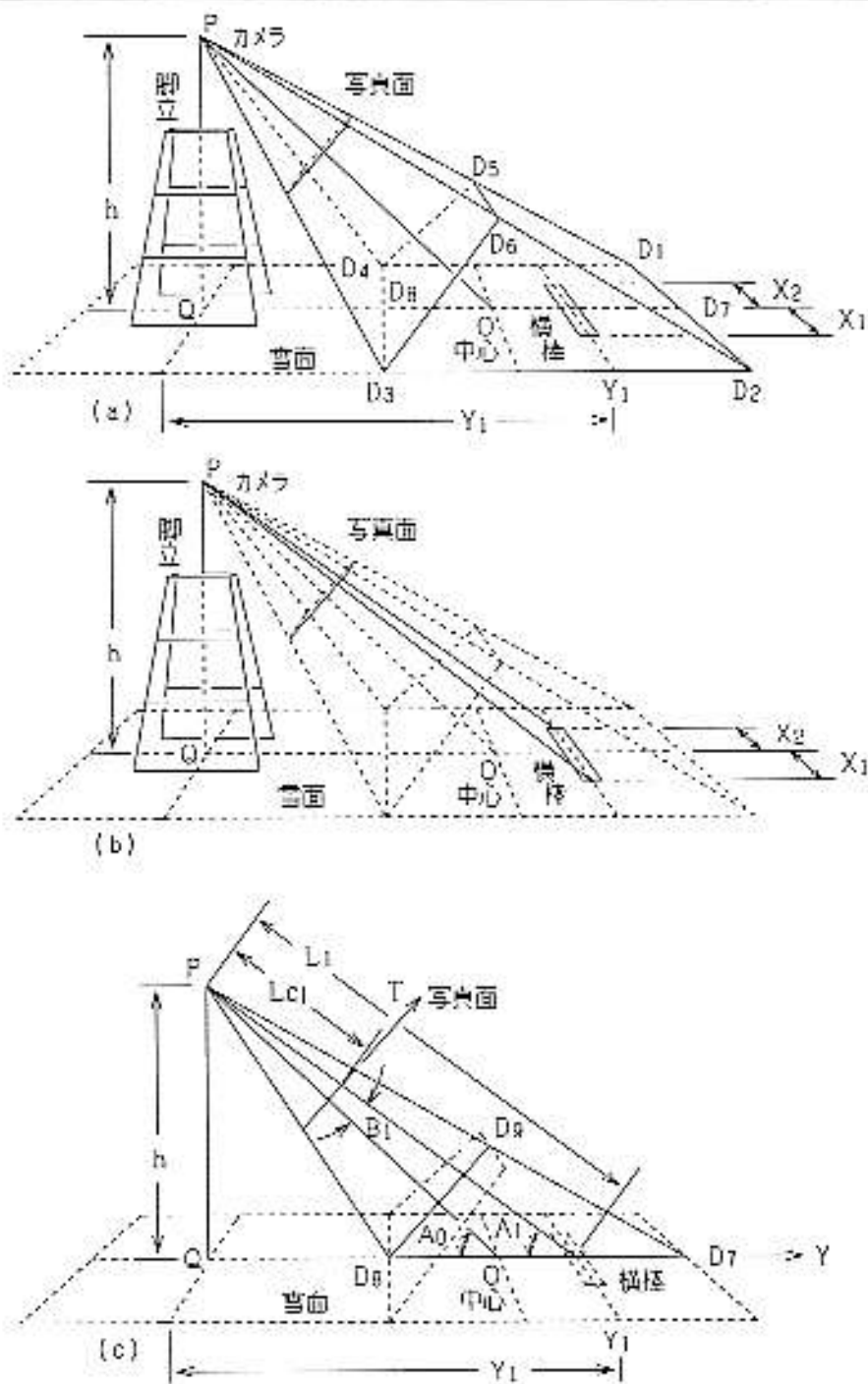


図6 雪面に横棒を置いた図.