

# バケットエレベーターにおける投出し運動 についての一考察

長 元 亀 久 男

Some Considerations on the Throwing-off Motion of the Materials  
in a Bucket of the Bucket Elevator.

KiKuo NAGAMOTO

Deducing from that the throwing-off motion of the materials in a bucket of the bucket elevator is similar to the motion of parallelogram links, we considered the graphical representation on these motions. In such case the condition of these motions may be explained in this paper.

バケットエレベーターにおける投出し運動を考えるために sprocket の回転中心を原点として  $xy$  座標を考えることにする。いま  $r$  を sprocket 回転中心からバケット内の重心までの距離としこれを半径として図-1 のように円を描きこの円周上任意の点  $A$  において働く力について考えることにする。

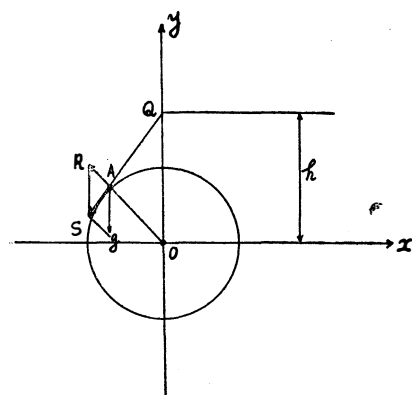


図-1

$G$  を 1 箇のバケット内の材料の重さ、 $g$  を重力の加速度、 $v$  をバケットの 1 分間の周速度、 $n$  を 1 分間の回転数とする。図-1 を参照しバケット内重心  $A$  に働く遠心力  $(G/g) \times (v^2/r)$  と材料の重さ  $G$  との合力の方向が  $y$  軸と交る点を  $Q$  とし  $OQ$  の高さを  $h$  とすればつぎのような関係がある。

$$\frac{v^2}{r} \frac{1}{g} = \frac{r}{h} \dots \dots \dots (1)$$

$$h = g \left( \frac{r}{v} \right)^2 \\ = g \left( \frac{1}{\frac{2\pi r n}{60}} \right)^2 = g \frac{900}{n^2} \dots \dots \dots (2)$$

(1) 式 (2) 式の意味はバケットを回す sprocket の回転数が一定であれば任意のバケット内の重心点  $A$  に鉛直方向に材料の重さが働き半径方向に遠心力が働きこれらの合力の方向の延長は常に  $Q$  を通るといことである。茲では  $OQ = h$  の性質を応用してバケット内材料の投出し運動について考えてみることにする。 $h$  と  $r$  の関係については材料がバケット内にあるためには  $h > r$  でなければならない。

図-2 にて  $xy$  座標軸をとり原点  $O$  を中心として  $r$  を半径として円を描く、つぎに同じく  $O$  を中心として  $r + v^2/r$  となる円を描く、これはつぎの式で示される。

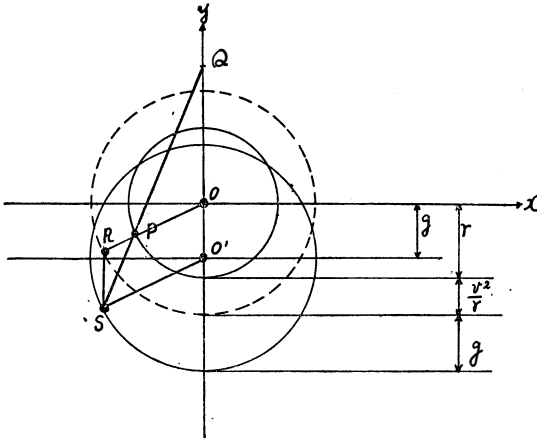


図-2

=  $g$  である。このことは  $P$  が  $O-r$  円のどこにあつても満足される。即ちこれはあたかも  $ORSO'$  なるリンク機構にて  $P$  が  $O-r$  円にそつてまわされるとき  $R$  点  $S$  点が画く軌跡であると見做すことができる。また作図から  $PS$  の延長は常に  $Q$  点を通るのである。そこでバケット内材料の投出し運動はこのようなリンク機構の運動に置きかえて考察をすすめてゆくことにする。

図-3を参照しスプロケットが時計方向にまわる場合  $QP$  は  $T, B$  を  $O-r$  円の切点として  $QT, Q, B$  間を揺動するものと考えることができる。そこでリンク機構にて  $P$  はリンク  $OR$  に対しては回り対偶,  $QP$  に対しては滑り対偶になっているものとする。 $R, S, O, O'$  は回り対偶になっているとする。いまリンク運動を考えるために、これらの幾何学的関係を調べるとつぎのようである。図-3を参照しスプロケット任意の回転角  $\theta$  におけるバケットに働く合力の方向  $\alpha$  はつぎのように求めることができる。

$$\tan \alpha = \frac{PW}{SW} = \frac{\frac{v^2}{r} \cos \theta + g}{\frac{v^2}{r} \sin \theta} \dots \dots \dots (6)$$

$$x^2 + y^2 = r^2 \dots \dots \dots (3)$$

$$x^2 + y^2 = \left(r + \frac{v^2}{r}\right)^2 \dots \dots \dots (4)$$

$O$  より  $y$  軸上に  $OO' = -g$  となるよう  $O'$  をとる。 $O'$  を中心として同じく  $r + v^2/r$  を半径として円を画く、これはつぎの式で示される。

$$x^2 + (y+g)^2 = \left(r + \frac{v^2}{r}\right)^2 \dots \dots \dots (5)$$

$O$  を中心とした半径  $r$  なる円 (略して  $O \sim r$  円) 上にて任意の点  $P$  をとり、 $OP$  を結んで延長し  $O \sim (r + v^2/r)$  円との交りを  $R$  とし、 $R$  から鉛直に  $O' \sim (r + v^2/r)$  なる円との交りを  $S$  とする。然らば作図により  $PR = v^2/r, RS$

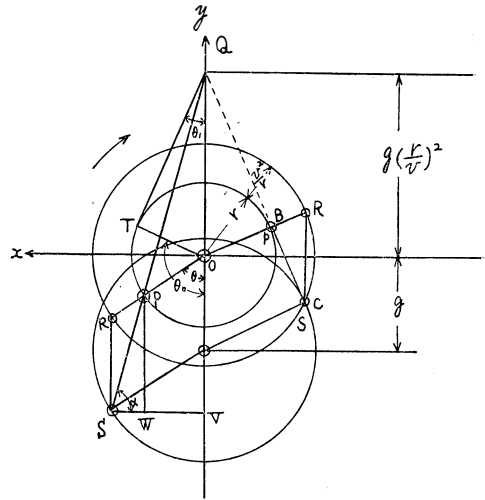


図-3

$QP$  が  $O \sim r$  円に切線となつた場合のスプロケット回転角  $\theta_0$  はつぎのように図から計算することができる。

$$\begin{aligned} \sin \theta_0 &= \sin \left(\frac{\pi}{2} + \theta_1\right) = \cos \theta_1 = \frac{1}{gr} \sqrt{g^2 r^2 - v^4} \\ \cos \theta_0 &= \cos \left(\frac{\pi}{2} + \theta_1\right) = -\sin \theta_1 = -\frac{v^2}{gr} \dots \dots \dots (7) \end{aligned}$$

切点の座標はつぎのように求めることができる。

$$\begin{aligned} x &= r \cos \theta_1 = \frac{1}{g} \sqrt{g^2 r^2 - v^4} \\ y &= r \sin \theta_1 = \frac{v^2}{g} \dots \dots \dots (8) \end{aligned}$$

然らば  $O - r$  円の切線式はつぎのように求められる。

$$\frac{x}{g} \sqrt{g^2 r^2 - v^4} + \frac{v^2}{g} y = r^2 \dots \dots \dots (9)$$

この切線は  $O' - (r + v^2/r)$  なる円に つぎのような座標点にて切していることがわかる。

$$x = \frac{1}{g} \sqrt{g^2 r^2 - v^4} \left(1 + \frac{v^2}{r^2}\right)$$

$$y = \frac{v^2}{g} \left(g - \frac{v^4}{gr^2}\right) \dots \dots \dots (10)$$

このことは図-3にてリンク機構  $ORSO'$  にて  $OR$  が時計の方向にまわり  $OP$  と  $PQ$  とが直角となる位置では  $PQ$  が  $O - r$  円及び  $O' - (r - v^2/r)$  円に切することを意味している。このことから  $P$  が  $T$  にきたとき直角となるが材料の投出しの場合は  $T$  を越してつぎに直角となる位置  $B$  点であつて、この点から  $BC$  方向に投出しが起るのである。従て投出物の落下曲線は  $BC$  方向に  $t$  時刻の変位  $ut$  点にて鉛直に  $(1/2) \times t^2$  をとりその合成経路をたどるのである。投出し運動はこのようなリンク機構にて置きかえて考えることができるのである。このように考えることの特長はバケットの各位置における作用力の関係が一目瞭然とあらわされることである。従てこのような考え方の応用として今度はバケットを固定しておいてバケットのスプロケット回転の各位置において、バケットに作用する合成力の大きさとその方向を見出すことを考えることができる。図-4にて  $OB = r$  にとり円を画く、 $BD = v^2/r$  にとり  $OD = r + v^2/r$  なる円を画く、 $O$  から垂直下方に  $OF = g$  にとり  $F$  を中心として  $FG = r + v^2/r$  なる円を画く、つぎに  $O$  を中心として  $OQ = h$  を半径として円を画く。

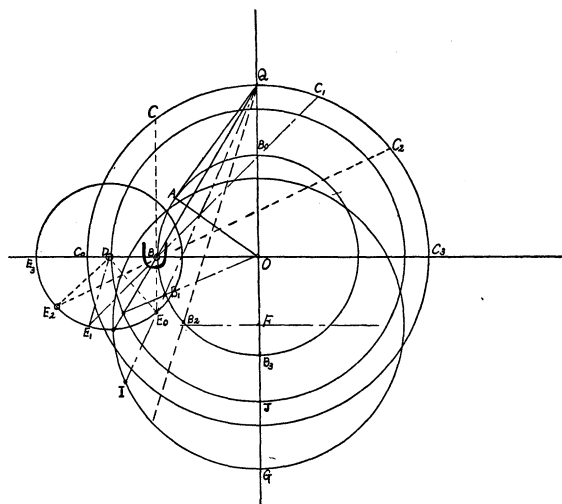


図-4

図-4を参照しバケットが  $B_3$  から  $B_2, B_1, B, A, B_0$  の位置を経てまわる場合を考えると、バケットを固定して考えるとすれば、定点  $Q$  は  $O$  を中心として  $h$  を半径とする円周上  $C_3, C_2, C_1, C, C_0$  と移動すると考えて差支えない。例えばバケットを  $B$  に固定する場合について考えることにする。いまバケットが  $B_3$  から移動する場合のバケットに作用する力の状態を考えるに、回転によつて各位置に生ずる合力の方向にて  $B_3Q, B_2Q, B_1Q, BQ, AQ$  の長さに等しく固定バケットの  $B$  を中心として、 $O - h$  円周上に  $BC_3, BC_2, BC_1, BQ, BC$  の長さを取りこれらをつぎに  $D$  を中心として  $DE = g$  を半径として画いた円と、いま結んだ直線の延長との交

りをそれぞれ  $E_3, E_2, E_1, E, E_0$  とすれば、バケットに働く合力の大きさと方向は  $BE_3, BE_2, BE_1, BE_0, \dots$  と図の上から求め得られる。これは  $BDEC$  なるリンク機構にて  $D, E$  はまわり対偶で、 $B$  は  $BD$  に対してはまわり対偶で、 $EC$  に対しては滑り対偶になつていとき  $BC$  上スライダ  $C$  を  $OQ$  円周上に動かしたときにリンク機構  $BDEC$  が動いてなす  $BE_1, BE_2, \dots$  がバケットの各位置においてバケットに働く合力の大きさと方向を与えるものであると言うことになる。バケット内材料の投出し運動に関連しバケットの形状設計に対して参考となる一つの方法であると考え

つぎにスプロケット回転中心よりバケット内の重心までの距離  $r$  をパラメーターとする円を図-5のように画くことにする。

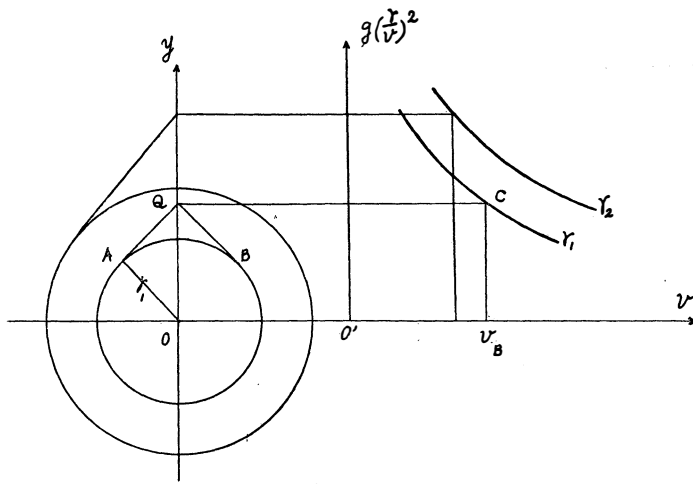


図-5

—図5右図のように  $O'$  を原点として横軸上に  $v$ 、縦軸上に  $g(r/v)^2$  をとり同様に  $r$  をパラメーターとして  $v$  と  $g(r/v)^2$  の関係を線図に画いておけば例えば回転中心よりバケツ内材料重心までの離距  $r_1$  なる場合投出しの位置を  $B$  にしたい場合  $B$  にて切線を引き  $Oy$  軸との交りを  $Q$  とし、 $Q$  より右方に  $x$  軸に平行なる線を引き  $r_1$  線上との交り  $C$  を求める。  $C$  から垂直におろし  $v$  軸に  $v$  を求めることができる。即ち  $B$  にて投出す場合の周

速度を図から求めることができる。<sup>(2)</sup>

本稿は化学機械協会（現在の化学工学協会）北陸地方講演会（昭和26年7月2日）における講演の要旨である。

(1) 南大路謙一， コンベヤ

真島卵太郎； バケツトエレベータ

(2) 速度の適当な値については例えば野口尚一， 起重機及運搬機を参照されたい。