工學士 宮城音五郎著

下巻

# 機械學

## 機構機械論之部

後編

東京 丸善株式會社

# 機械學下卷目次

ページ
第二項　「リンク」仕掛け… … … … … … 1
第一目　回轉の對のみよりなる「リンク」仕掛け… … … … … … … … 3
第二目　一個の滑動の對を含む「リンク」仕掛け… … … … … … … … 28
第三目　二個の滑動の對を含む「リンク」仕掛け… … … … … … … … 59
第四目　球面「リンク」仕掛け… … … … 71
第五目　直線運動と「パントグラフ」… … 79
第六目　「ラッチェットからくり」… … … 105
第一　「クリック」と「ラッチェット」… … … 105
第二　「エスケープメント」… … … … 118
第三　摩擦摑み… … … … … … … 123
第四　摩擦制動機… … … … … … 128
第三項　流動體「リンク」仕掛け… … … … 150
第一目　水壓機… … … … … … … 158
第二目　「ポンプ」… … … … … … … 189
第四章　「はずみ」車と調速機… … … … … 244

| | |
|---|---|
| | ページ |
| 第一項 「はずみ」車 | 244 |
| 第二項 調速機 | 260 |
| 第五章 釣揚げ機械 | 275 |
| 機械學問題の答 | 337 |

）下卷目次終り（

## 附　　錄

### 計算尺と其使用法

| | |
|---|---|
| 第一章 計算尺理論 | 1 |
| 第二章 計算尺使用法 | 30 |
| 第一 乘法 | 30 |
| 第二 除法 | 41 |
| 第三 二乘 | 50 |
| 第四 二乘根 | 53 |
| 第五 三乘 | 56 |
| 第六 三乘根 | 60 |
| 第七 對數 | 64 |
| 第八 三角函數 | 66 |
| 第九 圓周,圓の面積等 | 77 |
| 計算尺使用法問題の答 | 81 |

）附錄目次終り（

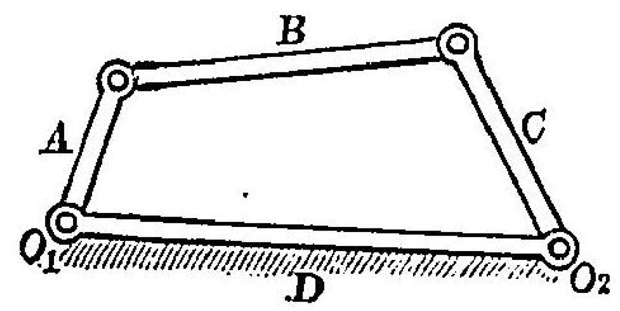
# 機械學

## 下卷

### 第二項 「リンク」仕掛け

**219. 「リンク」仕掛け** 本項に於ては、離れたる位置にある二つの動片の間に直接接觸に因らずして働力の傳送を遂ぐる其媒介となる中間の「リンク」として金屬,木材の如き剛體を用ゐたるものに就いて述べんとするので、斯の如き仕掛けを總稱して「**リンク**」**仕掛け**と云ふ。前項に述べた調帶の裝置は矢張り一の「リンク」仕掛けではあるが、傳送の媒介となる中間の「リンク」として革,繩,鎖の如き撓性體を用ゐたるものである。本項に於て述べんとする「リンク」仕掛けは総て剛體の「リンク」より成り、其或る「リンク」を固定すれば「からくり」となり[中卷136節]、此固定されたる「リンク」を**枠**或は**框**(カマチ)と云ひ、此れと對をなす動片即ち主動片を腕,腕を二種に區別し全回轉をなす腕を「**クランク**」、搖動する腕を**挺子**(テコ)と名付け、腕と腕とを連結する動片即ち副動片を**連鐶**と云ふ。例へば第四百四十九圖に於て$O_1$及び$O_2$なる軸の周はりに回

第四百四十九圖




轉或は搖動するA及びCなる二つの動片に運動又は働力を傳へんがために、其媒介となるBなる他の「リンク」をA及びCの中間に置く。$O_1$及び$O_2$は共に固定の軸であるから此二軸を結び付くる「リンク」Dは無論固定の「リンク」である。即ち玆に四つの回轉の對より成る「リンク」仕掛けが出來た譯で、A, B, C, D は其四つの「リンク」である。而して此等の「リンク」に夫々名稱を付くればDは框, AとCとは腕, Bは連鋅である。又若しAが$O_1$の周はりに全回轉すれば之れを「クランク」、Cが$O_2$の周はりに全回轉すれば之れも亦「クランク」、全回轉せずして搖動するものならば何れも挺子と云ふのである。以上はDを固定の「リンク」と考へた場合の名稱であるが、此等の名稱は固定の「リンク」の變はると同時に循環的に變はる。例へばAが固定の「リンク」であるならばAは框, BとDとは腕, Cは連鋅となり、Bを固定の「リンク」とすればBは框, AとCとは腕, Dは連鋅となり、Cを固定の「リンク」とすればCは框, BとDとは腕, Aは連鋅となる。

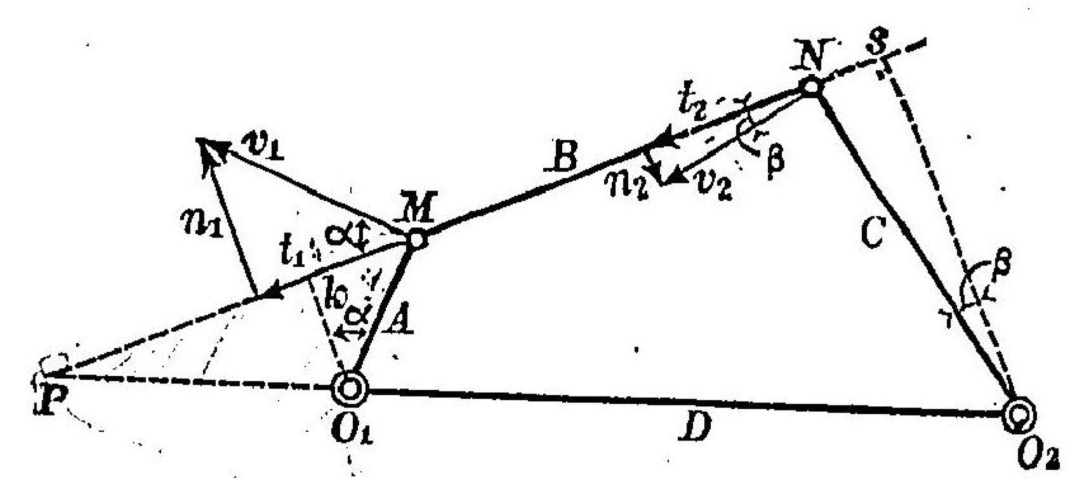


LINK

## 第一目　回轉の對のみより成る「リンク」仕掛け

**220. 速比**　$O_1$, M, N, $O_2$ に於て四つの回轉の對をなす四つの「リンク」A, B, C 及びDが第四百五十圖に示す如く仕掛けられ、其内Dを固定の「リンク」即ち框とし腕Aの角速度を$\omega_1$, 腕Cの角速度を$\omega_2$, Mの線速度を$v_1$, Nの線速度を$v_2$とすれば、$v_1$は腕Aに, $v_2$は腕Cに夫々直角なることは明である。次に中心線$O_1O_2$又は其延長線がMN又は其延長線と出會ふ點をPとし、直線PMNに平行及び直角なる二方向に於ける$v_1$及び$v_2$の分速度を夫々$t_1$, $t_2$及び$n_1$, $n_2$とすれば、平行分速度なる$t_1$と$t_2$とは常に相等しからねばならぬ。何となれば$t_1$と$t_2$とが等しからずとすればMNに沿ふてMの速度とNの速度とが伴はぬ樣になり、MNの距離が或は延長し或は收縮することゝな

第四百五十圖



るが連銲Bは一定の長さの剛體てMNの距離に伸縮の生ずることを許さぬものであるから、$t_1$は必ず$t_2$に等しからねばならぬ。偖て上卷公式(7)により

$$v_1=\omega_1\times O_1M;\quad v_2=\omega_2\times O_2N$$

$O_1$及び$O_2$よりMNに垂直線$O_1k$及び$O_2s$を引き、$v_1$と$t_1$とのなす角を$\alpha$、$v_2$と$t_2$とのなす角を$\beta$とすれば、角$MO_1k$は$\alpha$に等しく角$NO_2s$は$\beta$に等しくなる故に、

$$t_1=v_1\cos\alpha=v_1\times\frac{O_1k}{O_1M}$$

$$t_2=v_2\cos\beta=v_2\times\frac{O_2s}{O_2N}$$

然るに$t_1=t_2$であるから

$$v_1\times\frac{O_1k}{O_1M}=v_2\times\frac{O_2s}{O_2N}$$

此式の$v_1$及び$v_2$の代はりに上式の$v_1$及び$v_2$の値を代入すれば、

$$\omega_1\times O_1M\times\frac{O_1k}{O_1M}=\omega_2\times O_2N\times\frac{O_2s}{O_2N}$$

即ち

$$\omega_1\times O_1k=\omega_2\times O_2s$$

或は

$$\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{O_2s}{O_1k}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(194)$$

二つの三角形$O_1Pk$と$O_2Ps$とは相似形である故に、

$$\frac{O_2s}{O_1k}=\frac{O_2P}{O_1P}$$

故に上式は或は次の如く書くことを得、



$$\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{O_2P}{O_1P}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(194a)$$

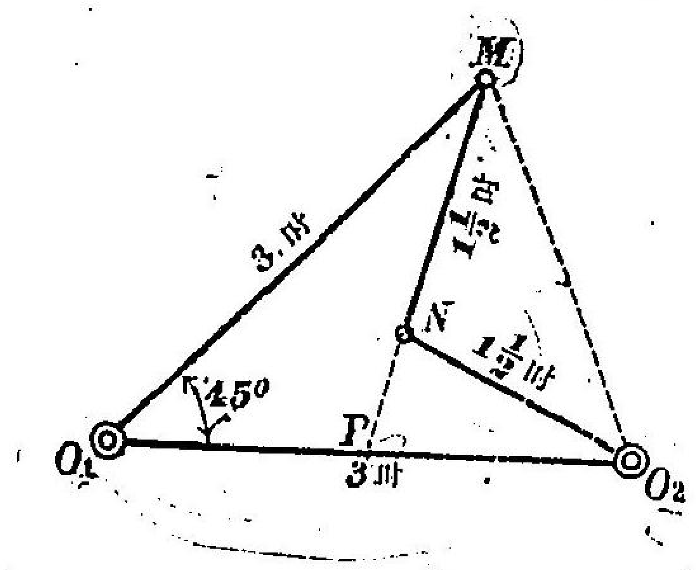
依て次の定理を得。　$w_1O_1P=w_2O_2P$

「リンク」仕掛けに於て腕の角速度は、連銲又は其延長線が中心線と交はる點より各中心に到る距離に反比例す。

例、腕の長さ3吋及び$1\frac{1}{2}$吋、中心距離3吋、連銲の長さ$1\frac{1}{2}$吋なる「リンク」仕掛けに於て、長き方の腕が中心線と45度の角をなす瞬時の腕の角速比を求む(第四百五十一圖)。

解、連銲MNの延長線が中心線$O_1O_2$と交はる點をPとすれば、

第四百五十一圖




$$角速比=\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{O_2P}{O_1P}$$

$O_2$とMとを結べば三角形$O_1O_2M$は二等邊三角形となる故に、

$$O_2M=2\times O_1O_2\sin\frac{45^\circ}{2}=2\times3\sin22{\cdot}5^\circ$$

$$=2\times3\times0{\cdot}383=2{\cdot}3吋$$

及び　角$O_1O_2M=\dfrac{180^\circ-45^\circ}{2}=\dfrac{135^\circ}{2}=67{\cdot}5^\circ$

又三角形$NMO_2$は二等邊三角形であるから

$$\cos NO_2M = \frac{\frac{O_2M}{2}}{O_2N} = \frac{1\cdot15}{1\frac{1}{2}} = 0\cdot766$$

故に　角 $NO_2M$＝角 $NMO_2$＝40°

従て　角 $PO_2N$＝角 $O_1O_2M$－角 $NO_2M$

$$=67\cdot5°-40°=27\cdot5°$$

又　角 $PNO_2$＝角 $NO_2M$＋角 $NMO_2$

$$=2\times40°=80°$$

故に　角 $NPO_2$＝180°－角($PNO_2+PO_2N$)

$$=180°-(80°+27\cdot5°)=72\cdot5°$$

三角形 $PO_2N$ に於て

$$O_2P=O_2N\times\frac{\sin PNO_2}{\sin NPO_2}=1\frac{1}{2}\times\frac{\sin 80°}{\sin 72\cdot5°}$$

$$=1\cdot5\times\frac{0\cdot985}{0\cdot954}=1\cdot55^{吋}$$

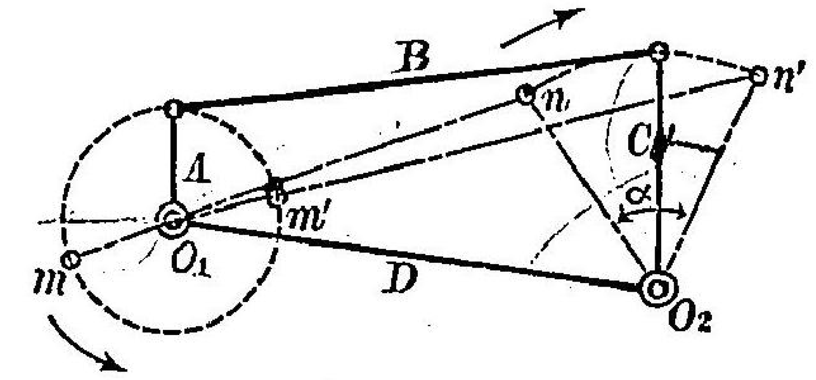
故に　$O_1P=3-1\cdot55=1\cdot45^{吋}$

依て　角速比$=\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{O_2P}{O_1P}=\frac{1\cdot55}{1\cdot45}=1\cdot07$

**221. 「クランク」と挺子**　Dを框とするA, B, C, Dなる「リンク」仕掛けに於て各々の「リンク」の長さを或る割合に造れば、一方の腕が回轉する時他方の腕は搖動する様になる。斯の如き構造になれる「リンク」仕掛けを**「クランク」と挺子の「からくり」**と呼ぶ。回轉する腕は「クランク」で、搖動する腕は挺子であるから



第四百五十二圖




である[219節]。第四百五十二圖に示す此「からくり」で、「クランク」Aが回轉する時挺子Cは$O_2n$と$O_2n'$との間を搖動するのである。

如何なる條件があれば此「からくり」となるかと云ふに、今A, B, C, Dなる「リンク」の長さを夫々$a, b, c, d$とすれば、挺子Cが搖動の極端$O_2n$の位置に來る時は「クランク」Aは$O_1m$の位置に來り、此時連錍Bは$mn$の位置を取り「クランク」と連錍とが一直線をなす。此位置より「クランク」が矢の示す向きに回轉すれば挺子は矢の示す向きに戻らねばならぬ。戻るためには挺子は中心線$O_1O_2$に一致することがあつてはならぬ。語を換へて云へば挺子の端$n$は常に$O_1O_2$の一方の側にあらねばならぬ。更に語を換へて云へば三點$O_1$, $O_2$及び$n$は一の三角形を形作らねばならぬ。是れ第一の條件で、$O_1O_2n$が三角形であるならば初等幾何學の定理により、

$$O_1n+O_2n>O_1O_2$$

或は$O_1n$は$b-a$に等しく、$O_1O_2$は$d$, $O_2n$は$c$である

故に

$$b-a+c>d$$

又は $a+d<c+b$ ……………………(a)

同様に $O_2n'$ を挺子の他の極端の位置とすれば、其時の「クランク」の位置 $O_1m'$ と連鋲 $m'n'$ とは一直線をなし、三點 $O_1O_2$ 及び $n'$ は一の三角形を形作らねばならぬ。是れ第二の條件で、$O_1O_2n'$ が三角形であるならば

$$O_1n'-O_2n'<O_1O_2$$

或は $O_1n'$ は $a+b$ に等しく $O_2n'$ は $c$ である故に、

$$a+b-c<d$$

又は $a+b<c+d$ ……………………(b)

此等の二式を以て表はさるゝ條件にして滿足せらるれば、「クランク」と挺子の「からくり」は常に成り立つものである。

以上の二式に於て $d$ を $b$ とし $b$ を $d$ とすれば (a) 式は (b) 式となり (b) 式は (a) 式となる。即ち $b$ と $d$ 即ち B と D との何れを框とし何れを連鋲とするも以上の條件に變はりは起らぬ。夫故「リンク」D を固定する時に「クランク」と挺子の「からくり」が成り立つならば、連鋲 B を固定するも亦同じ「からくり」となる。つまり「クランク」と挺子の「からくり」に於ては、框と連



鋲とは入れ換へ得るもので何れが固定するとも「からくり」は同一である。

次に挺子の搖動する角 $nO_2n'$ を求むることを示さう。今此角を $\alpha$ とすれば $\alpha$ は二つの角 $O_1O_2n'$ と $O_1O_2n$ との差である。然るに三角形 $O_1O_2n'$ に於て

$$\cos O_1O_2n'=\frac{c^2+d^2-(b+a)^2}{2cd}$$

又三角形 $O_1O_2n$ に於て

$$\cos O_1O_2n=\frac{c^2+d^2-(b-a)^2}{2cd}$$

此等の二式より $O_1O_2n'$ 及び $O_1O_2n$ なる二つの角を算出し、其差を取れば $\alpha$ を得るのである。

例、腕の長さ2呎及び5呎、中心距離6呎、連鋲の長さ7呎なる「リンク」仕掛けは、「クランク」と挺子の「からくり」をなすか。若しなさば挺子が搖動する角を問ふ。

解、此「リンク」仕掛けが「クランク」と挺子の「からくり」をなすとすれば、短き方の腕が「クランク」であることは明白である。故に此場合には $a=2$呎, $b=7$呎, $c=5$呎, $d=6$呎である。之れを上記の二條件に照して見るに、$a+d$ は8呎となりて $c+b$ 即ち12呎よりも小で、$a+b$ は9呎となりて $c+d$ 即ち11呎よりも小であ

る。依て此「リンク」仕掛けは「クランク」と挺子の「からくり」を形作る。そこで

$$\cos O_1O_2n' = \frac{c^2+d^2-(b+a)^2}{2cd} = \frac{5^2+6^2-9^2}{2\times5\times6}$$

$$= -\frac{20}{60} = -0{\cdot}333$$

故に　角 $O_1O_2n' = 109°27'$

又　$$\cos O_1O_2n = \frac{c^2+d^2-(b-a)^2}{2cd} = \frac{5^2+6^2-5^2}{2\times5\times6}$$

$$= \frac{36}{60} = 0{\cdot}6$$

故に　角 $O_1O_2n = 53°12'$

依て挺子の搖動する角 $\alpha$ は

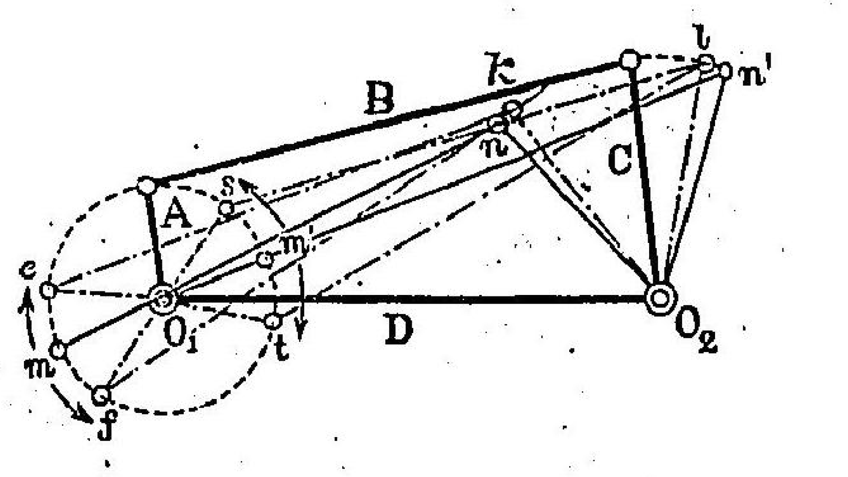
25 36 61

$$\alpha = 角\ O_1O_2n' - 角\ O_1O_2n = 109°27' - 53°12'$$

$$= 56°15'$$

**222. 思案點**　第四百五十二圖に於て「クランク」A が働子ならば挺子 C は $O_2n$ と $O_2n'$ との間を搖動し一定の運動をなすが、之れと反對に挺子 C を働子として之れを $O_2n$ と $O_2n'$ との間に搖動すれば、「クランク」A は必ず矢を以て示したる一定の向きに一定の回轉運動をなすとは限らぬ。何となれば第四百五十三圖に於

第四百五十三圖






て挺子が $O_2n$ の位置より動きて $O_2k$ の位置に來る間に「クランク」は $O_1m$ の位置より $O_1e$ 及び $O_1f$ の何れの位置にも來り得るもので、$O_1e$ の位置を取れば「クランク」は右廻はりし、$O_1f$ の位置を取れば左廻はりすることゝなる。此れと同じことが他の極端 $O_2n'$ の位置に於ても起るもので、挺子が $O_2n'$ の位置より動きて $O_2l$ の位置に來る間に「クランク」は $O_1m'$ の位置より $O_1s$ 及び $O_1t$ の何れの位置にも來り得るもので、$O_1s$ の位置を取れば「クランク」は左廻はりし、$O_1t$ の位置を取れば右廻はりすることゝなる。即ち働子たる挺子が其の兩端の位置にある時は被働子たる「クランク」の回轉方向は不定となるもので、此如き「クランク」の位置を云ひ表はすに思案點なる語を用ゐる。思案點とは働子の一定の運動に對し、被働子たる「クランク」の回轉方向が不定となる其瞬間を云ふのである。而して思案點は「クランク」の一回轉毎に二度起るのである。

思案點は「クランク」と挺子の「からくり」のみならず種々の「リンク」仕掛けに屢々起るもので、被働子たる「クランク」が連桿と一直線をなす場合に必ず起るものである。

回轉方向が不定なる運動は之れを機械の運動と

することは出來ぬ[中卷134節]。故に被働子たる「クランク」をして一定の運動をなす機械たらしめんとするには、思案點を生ぜしめぬ樣に計畫するか、又は思案點を生ずるにしても其れを回轉方向一定なる樣に通過せしむるか何れかにせねばならぬ。元來思案點は被働子たる「クランク」が連桿と一直線をなす一瞬時に起るものであるから、之れを或る方法を以て常に一定の方向に通過せしめ得れば回轉方向は一定となり、機械の運動たる資格を具ふる樣になるものである。思案點を一定の方向に通過せしむるに三つの方法がある。即ち

第一、「クランク」軸に「はずみ」車と名付くる重き外輪を具ふる車を仕掛け、常に一方に回轉せんとする「はずみ」車の慣性によりて通過せしむる法。

第二、他の餘分の腕を附加して通過せしむる法。

第三、同一直線上にあらざる二個或は二個以上の腕と連桿とを以て通過せしむる法。

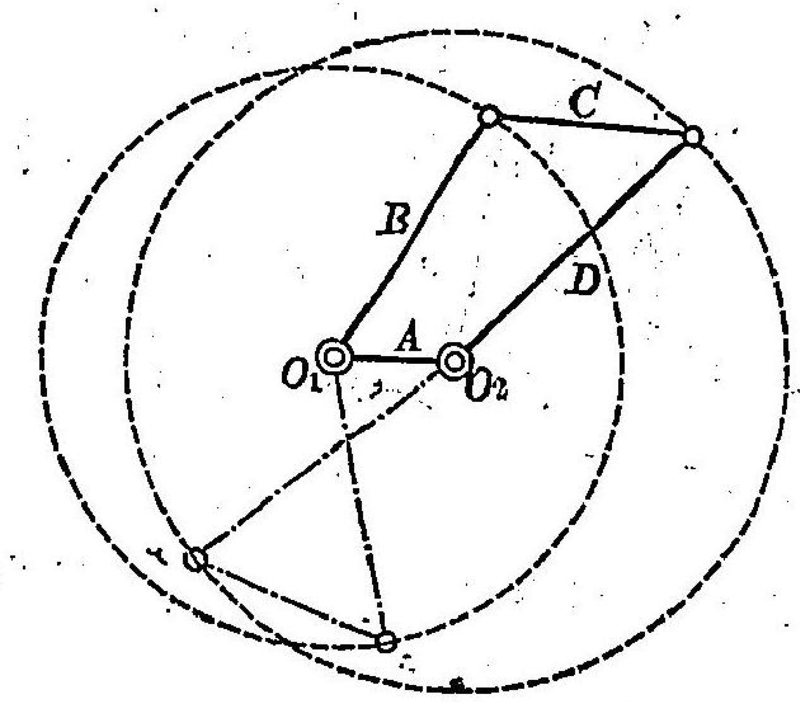
第一の法は蒸汽機關、瓦斯機關等の原働機類及び足踏み機械類に屢々適用せらるゝもの、第二と第三との法は機關車其他に甚だ應用の廣きものである。



尙ほ此等一々の詳細に就きては何れ順を追ふて後述しやう。

**223. 「ドラッグ、リンク」** 「クランク」と挺子の「からくり」(第四百五十二圖)の「リンク」Dを固定する代はりに「リンク」Aを固定の「リンク」即ち框とすれば、玆に新しき「からくり」を得。此「からくり」に於ては二つの腕BとDとは共に全回轉をなすもので、之れを**「ドラッグ、リンク」の「からくり」**と名付く(第四百五十四圖)。此「からくり」は「クランク」と挺子の「からくり」の「クランク」を固定すれば生ずるものであるから、第四百五十四圖の「リンク」A, B, C, Dの長さを夫々$a, b, c, d$とし、但しBとDとの內に於て長き方の腕をDとすれば、「ドラッグ、リンク」たる條件は次の二式を以て表はさるゝことは明白である。

第四百五十四圖




$$a+d<c+b$$

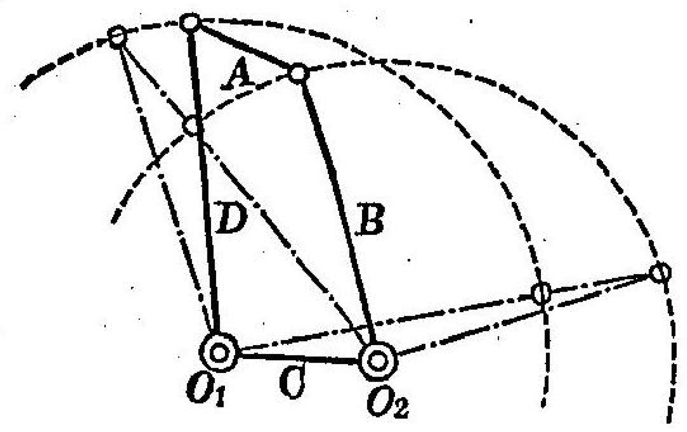
$$a+c<b+d$$

此「からくり」は船の水搔き車の水搔き板を動かす仕

掛け等に應用せらる。

**224. 二重挺子** 「クランク」と挺子の「からくり」(第四百五十二圖)の「リンク」D或は「リンク」Aを固定する代はりに「リンク」Cを固定の「リンク」即ち框とすれば復た新しき「からくり」が出來る。此「からくり」に於ては二つの腕BとDとが何れも全回轉し得ざるものであるから之れを**二重挺子の「からくり」**と稱へる(第四百五十五圖)。此「からくり」たる條件はBとDとの內に於て長き方の腕をDとすれば、

第四百五十五圖




$$a+d<c+b$$

なることと「クランク」と挺子の條件に照し見れば明白であらう。

以上を總括するに、「クランク」と挺子の「からくり」が成り立てば其連鋂を固定しても亦同じ「からくり」となり、「クランク」を固定すれば「ドラッグ、リンク」の「からくり」となり、挺子を固定すれば二重挺子の「からくり」となるのである。

例一、　中心距離4吋、腕の長さ20吋及び22吋、連鋂の長さ8吋の「リンク」仕掛けは如何なる「から



くり」に屬するか。

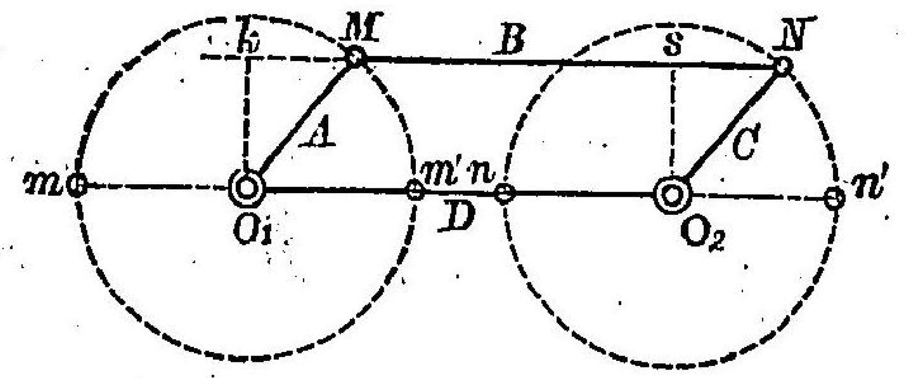
解、「クランク」と挺子の「からくり」とすれば、$a+b$(第四百五十二圖)は28吋となりて$c+d$即ち26吋よりも大となる故に此「からくり」の條件に適はぬ。然らば「ドラッグ、リンク」の「からくり」とすれば、$a+d$(第四百五十四圖)は26吋となりて$c+b$即ち28吋よりも小となり、$a+c$は12吋となりて$b+d$即ち42吋よりも小となる故に此「リンク」仕掛けは「ドラッグ、リンク」の「からくり」を成す。

例二、　前問の「リンク」仕掛けの連鋂を固定すれば如何なる「からくり」となるか。

解、「ドラッグ、リンク」の「からくり」の連鋂を固定すれば二重挺子の「からくり」となることは明白である。

**225. 平行「クランク」** 以上三種の「からくり」に於て若し$a=c$及び$b=d$となる時は「リンク」仕掛けは總て平行四邊形となり、「クランク」と挺子幷びに「ドラッグ、リンク」の「からくり」の特別な場合となる。何となれば第四百五十六圖を此如き「リンク」仕掛けの「リンク」Dを固定したるものとすれば、「クランク」Aが$O_1m$の位置を取れば腕Cは$O_2n$の位置を取り、「クラン

第四百五十六圖



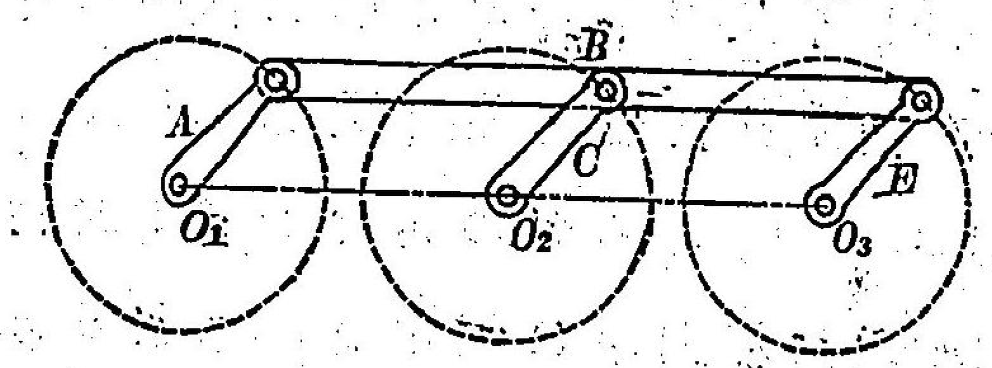

ク」Aが$O_1$のまはりに回轉すれば腕Cは$nNn'$なる半圓に沿ふて搖動する。是即ち「クランク」と挺子の「からくり」である。又は「クランク」Aが$O_1$のまはりに回轉すれば腕Cも亦$O_2$のまはりに回轉する。是即ち「ドラッグ、リンク」の「からくり」である。然し此「からくり」が此等の「からくり」と異なる所は「リンク」仕掛けが平行四邊形であるが故にAが$O_1m$の位置を取ればCは$O_2n$の位置を取り、又Aが$O_1m'$の位置を取ればCは$O_2n'$の位置を取り、何れを働子と考ふるも被働子たる「クランク」が連桿と一直線をなす故に思案點を形作るのである。依て此「からくり」を特に**平行「クランク」の「からくり」**と云ひ、思案點を常に一方に通過し得せしむればAとCとの二つの腕は何れも「クランク」となりて回轉方向一定なる回轉を續くるものである。又此「からくり」は何れの「リンク」を固定するとも同じ平行「クランク」の「からくり」となることは明である。其上框と連桿とは此「からくり」の位置の如何に係らず常に平行であるから、$O_1$及び$O_2$より連桿MNに引きたる垂直線の長



さ$O_1k$は常に$O_2s$に等しい。夫故に公式(194)により角速比$\frac{\omega_1}{\omega_2}=1$である。速比が1に等しと云ふことは働子と被働子との角速度の等しきことを示すのであるから、此「からくり」に於ては働子の回轉速度一樣ならば被働子の回轉速度も其れと等しく且つ一樣で、一回轉中に速度の變化は起らぬものである。

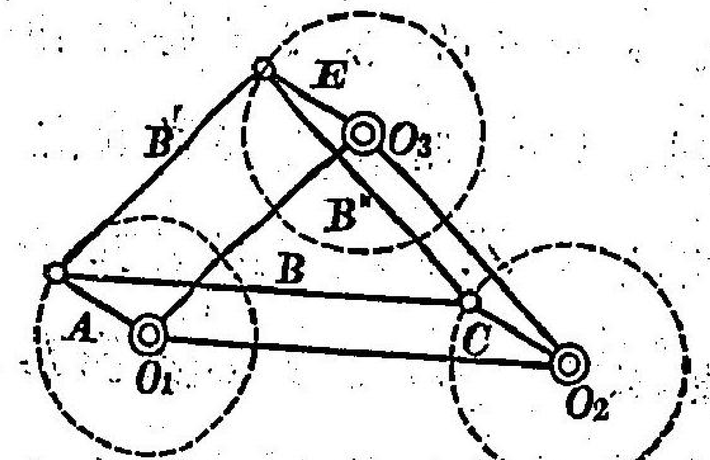
思案點を通過せしむるには被働子の「クランク」軸に「はずみ」車を仕掛くれば好い。或は第222節第二の方法として第四百五十七圖に示す如く連桿Bを

第四百五十七圖



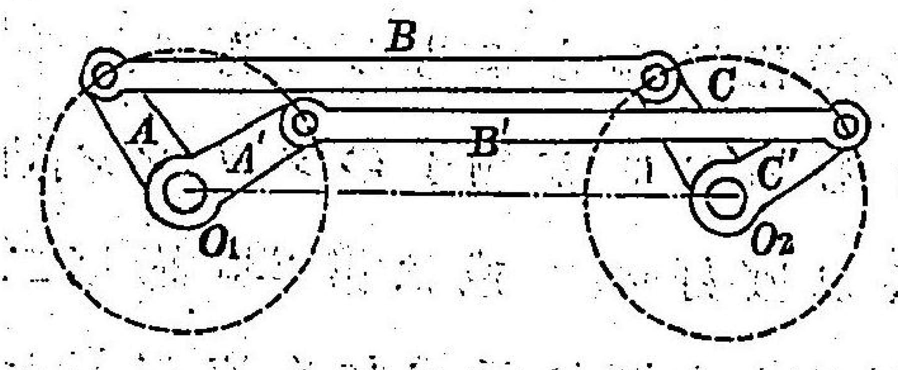

延長し之れにA及びCに等しく且つ平行なる他の餘分の「クランク」Eを附加し、其れを$O_1O_2$の延長線上に在る軸$O_3$のまはりに回轉せしむれば思案點は通過し得らるゝもので、現に機關車に應用されてあるもの即ち此れである。又は第四百五十八圖に示す如くA及びCに等しく且つ平行なる他の餘分の「クラン

第四百五十八圖



ク」Eを$O_1O_2$と同一直線上に在らざる軸$O_3$のまはりに回轉する様に仕掛け之れにB′及びB″なる他の連桿を取付くれば思案點は通過し得るものである。或は第222節第三の方法として第四百五十九圖に示す如く他の「クランク」A′をAの「クランク」軸に、又他の「クランク」C′をCの「クランク」軸に夫々A及びCと一直線をなさぬ様に取付け、且つA′とC′とが等しく且つ平行なる様に他の連桿B′を以て之れを連結すれば思案點を通過し得るもので、AとA′或はCとC′との間の角を**「クランク」角**と云ふ。此れも亦現に機關車に應用されて居る方法で、機關車の兩側の車輛に取付けある「クランク」角は通例90度、即ち一側の「クランク」は他側の「クランク」と直角になれるものである。斯くすれば一側の「クランク」が思案點にありて「トルク」が零なる時に他側の「クランク」は「トルク」最大なる位置にある故に、兩側相助けて車輛を回轉せんとする「トルク」は甚だ一樣となり働作が甚だ滑かになるものである[次節參照]。平行「クランク」の連桿を特に**平行連桿**と云ふ。

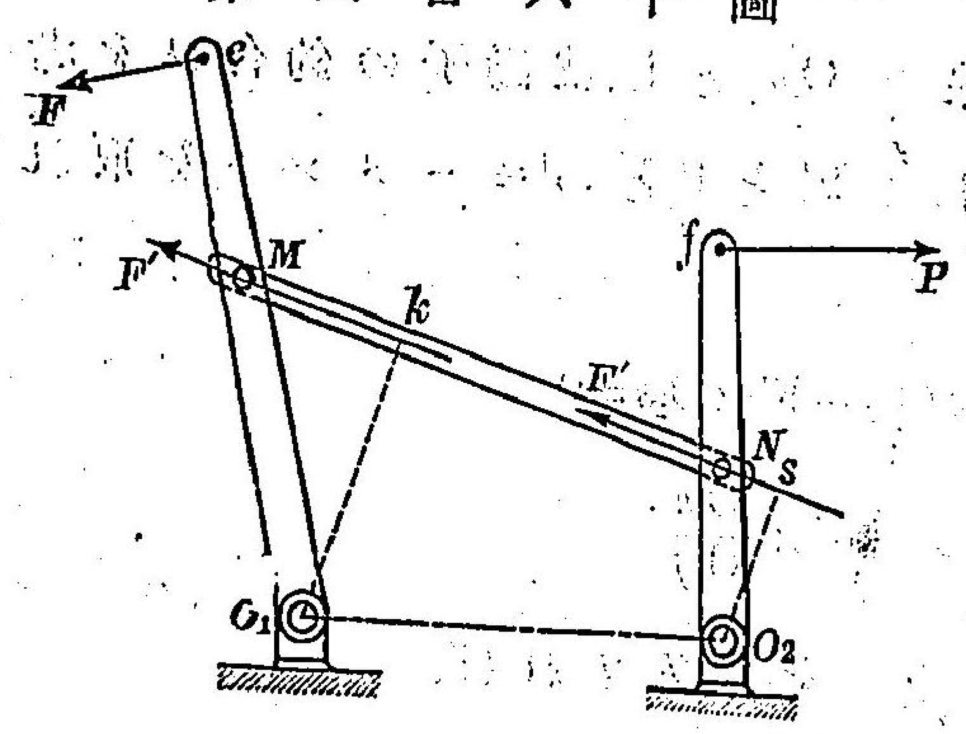
第四百五十九圖






**226.　「リンク」仕掛けによりて傳へらるゝ力と「トッグル、ジョイント」**　任意の「リンク」仕掛け(第四百六十圖)に於て腕$O_1M$を働子とし、$O_1e$なる距離に於て腕に直角に働く力Fを以て被働子の腕$O_2N$に$O_2f$なる距離に於て腕に直角に働く力Pを生ずとすれば、FとPとは如何なる關係になれるかと云ふに働子を回轉する「トルク」は$F \times O_1e$で、被働子が回轉さるゝ「トルク」は$P \times O_2f$である。偖て働子の腕の釣合ひを考ふるに連桿MNに沿ふて働く力をF′とし、$O_1$よりF′に下したる垂直線を$O_1k$とすれば、釣合ひの條件に從ひ$O_1$に對するF及びF′の「モーメント」を取れば、

第四百六十圖




$$F \times O_1e - F' \times O_1k = 0$$

或は

$$F' = F \times \frac{O_1e}{O_1k} \cdots\cdots\cdots\cdots (a)$$

圖に示すF′は現に連桿に働く外力で、腕に働く釣合はせ力は此れと等しく且つ反對の向きのものであるから、$O_1$に對するFの「モーメント」と釣合はせ力

$F'$の「モーメント」とは符號相反する故に上式を得たので、圖には混雑を避くるために釣合はせ力を畫かぬのである。今後に於ても圖面の簡明を計るため外力を以て釣合はせ力を代表せしむる場合屢々あるから學者は宜しく其心して研究すべし。

力$F$によりて生ずる$F'$なる力は連桿に沿ふて働く力で、被働子から見れば$N$なる結び目に於て連桿に沿ふて被働子を引張る力である。故に$O_2$より$F'$に下したる垂直線を$O_2s$とし、被働子の釣合ひを考ふるため$O_2$に對して$F'$と$P$との「モーメント」を取れば、

$$P\times O_2f-F'\times O_2s=0$$

或は
$$P=F'\times\frac{O_2s}{O_2f}$$

此式の$F'$に$(a)$式の値を代入すれば、

$$P=F\times\frac{O_1e}{O_1k}\times\frac{O_2s}{O_2f}\text{…………}(195)$$

然るに公式(194)により角速比を$\varepsilon$とすれば、

$$\varepsilon=\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{O_2s}{O_1k}$$

故に上式は次の如くになる。

$$P=F\varepsilon\frac{O_1e}{O_2f}\text{…………}(195a)$$

或は$F\times O_1e$は働子を回轉する「トルク」で之れを$T$に



て表はし、$P\times O_2f$は被働子の回轉せらるゝ「トルク」で之れを$T'$とすれば上式は次の形となる。

$$T'=T\varepsilon\text{…………}(196)$$

思案點に於ては被働子たる「クランク」が連桿と一直線をなす故に$O_2s$は零となる。從て$P$は零となり同時に$T'$は零となる。此場合には力$F'$は被働子の「クランク」に沿ふて只被働子の軸承を壓す力となり回轉せしむる力とはならぬのである。即ち思案點に於ては働子に與へらるゝ力は只被働子の軸承を壓す力となり回轉作用は消失するものであるから、或る方法で思案點を通過せしめねば「からくり」の運動は其點に於て永久停止さるゝものである。但し平行「クランク」[第225節]の場合に限り角速比$\varepsilon$は1である故に$T'=T$となり、又思案點に於ては$O_2s$が零となると同時に$O_1k$も亦零となり速比不定となるから$P$と$T'$とは共に不定の値となる。

$O_2s$が最大なる時は$P$は最大となり從て$T'$は最大となる。然るに$O_2s$が最大となるは力$F'$が被働子の「クランク」$O_2N$に直角となりたる瞬時換言すれば被働子の「クランク」が連桿に直角となる位置に於て「トルク」は最大となるのである。而して此位置に於ては$O_2s$は被働子の「クランク」の長さ$O_2N$に等しく

なることは明瞭である。

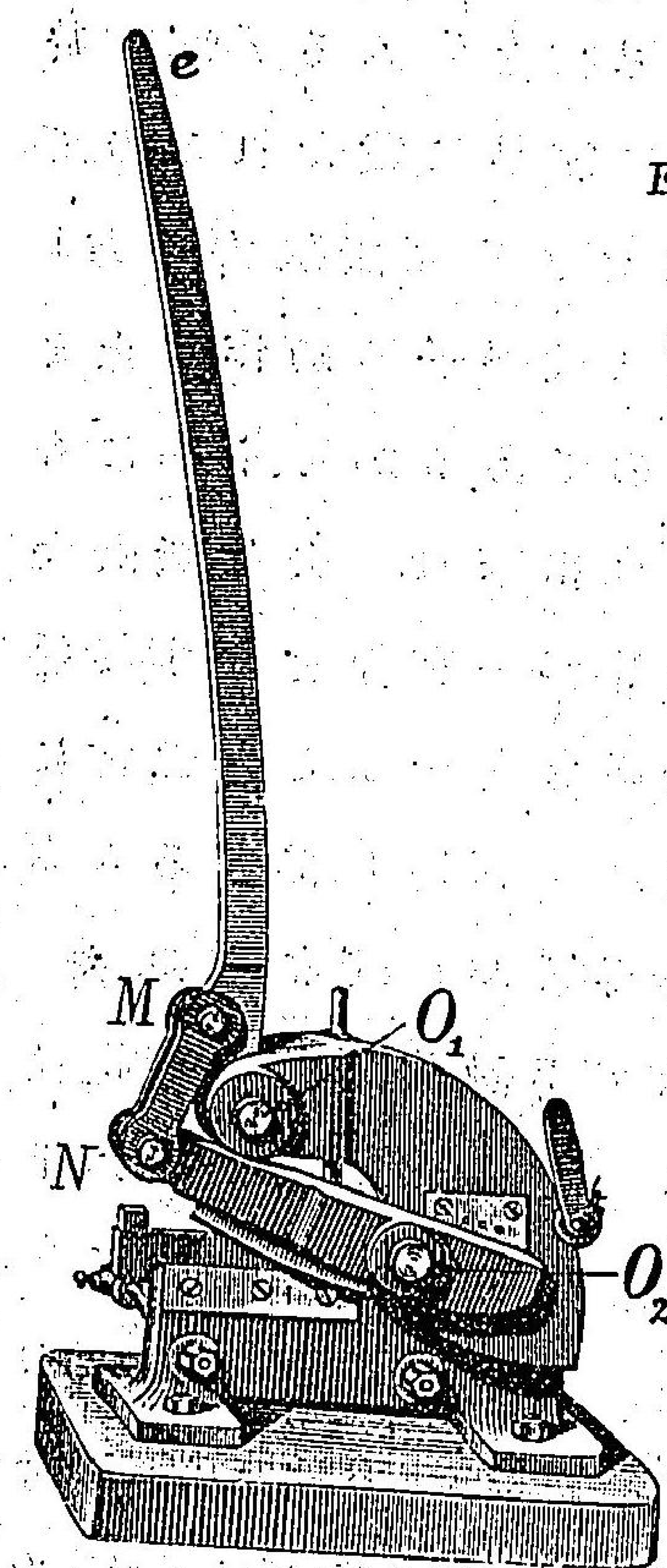
以上の理論を綜合するに被働子の回轉さるゝ「トルク」或は力Pは思案點に於ては零で其れより次第に大さを増し被働子の「クランク」が連桿と直角をなす瞬時に最大となり更に次第に大さを減じ他の思案點に到りて再び零となり絶えず同じ現象を繰り返へすものである。

以上は働子と被働子とが共に回轉する場合及び働子が搖動し被働子が回轉する場合に就いて論じたのであるが次に働子が回轉し被働子が搖動する場合を考ふるに、$O_2g$は零となることなく從て思案點を生ずることは無いが働子の「クランク」が連桿と一直線をなす瞬時には$O_1k$は零となり從て力P及び「トルク」T'は共に無限大となる。即ち働子の「クランク」が連桿と一直線をなす近傍に於ては、$O_1k$が甚だ小なるがために働子に働く力Fが一定の大さなるに係らずP及びT'は甚だ大なる値となり、$O_1k$が丁度零となる瞬時に於ては其れが無限大の力又は無限大の「トルク」を被働子に與ふるものとなる。故に此近傍の仕掛けを利用したる機械は比較的小なる力を以て甚だ大なる力を生ぜしめ得るもので、斯かる仕掛けに造られたる「からくり」を「トッグルジョ

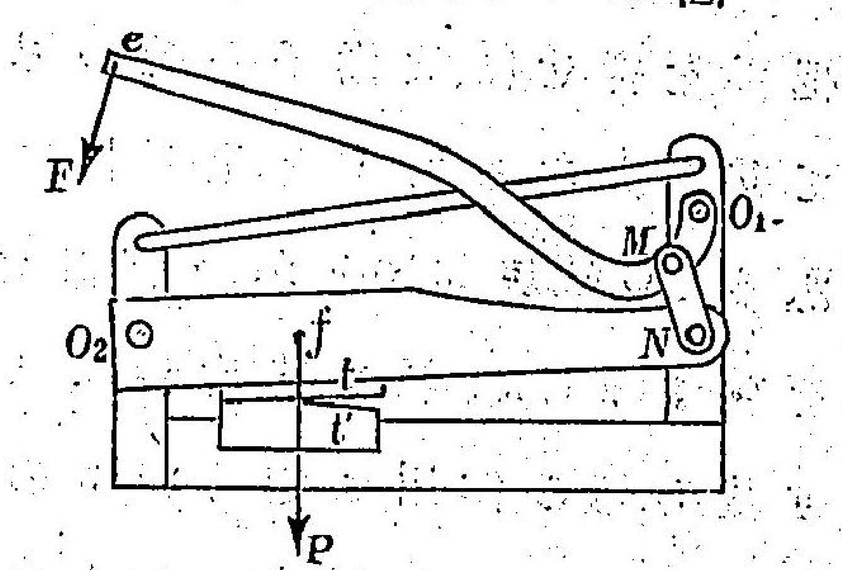


イント」と云ふ。「トッグル、ジョイント」は板を切り或は板に孔を打ち貫く機械などに屢々應用せらるゝもので第四百六十一圖及び第四百六十二圖は手力を

第四百六十一圖




第四百六十二圖

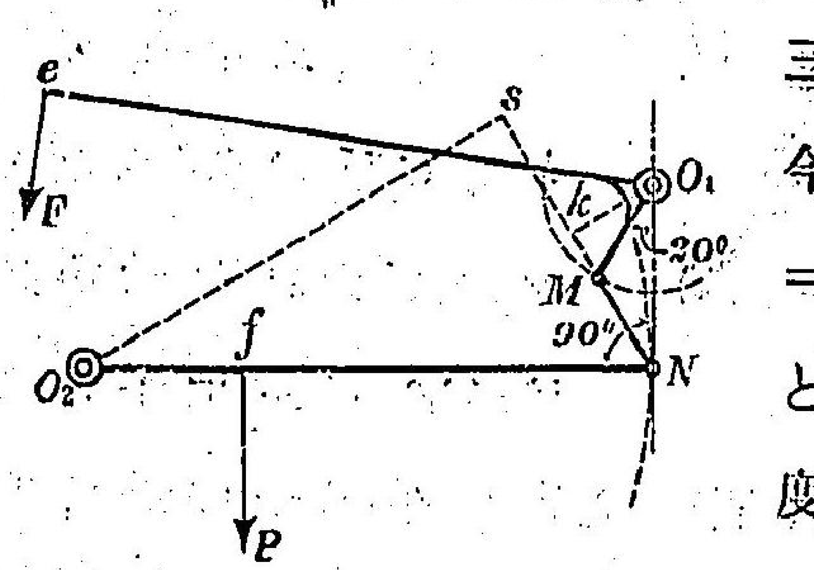



以て板を裁ち切る所謂手働剪斷機に「トッグル、ジョイント」を應用したる樣を示したものである。此等の圖に於て$O_1M$ $NO_2$は「リンク」仕掛けで、$O_1O_2$は其框である。而して$O_1M$は働子の「クランク」で此れを動かすには$O_1e$なる把手によりてし（第四百六十圖參照）、$O_2N$は被働子の腕で此れに刄物$t$を置きて其れを固定の刄物$t'$と向はしめ、

上下より裁ち切らしむる仕掛けである。此機械に於ては$O_1M$なる働子の「クランク」と MN なる連鋂とが裁つ瞬間に一直線に近き位置に在る樣に造られてある故に、働子の把手の一端$e$に手力Fを加へて把手を押せば被働子の腕の刄物を備ふる$f$部に於て甚だ大なる力Pを生じ板は容易に裁たれるのである。$O_1M$とMNとが一直線をなせば無限大の力Pを生ずるけれども、其瞬時には被働子の働作は止まり裁ち切る作用は起らぬものであるから、不幸にも無限大の力を利用することは出來ぬ。夫故無限大ならずとも無限大に近き此等が一直線をなす其近傍を利用するのである。無限大と云ふことは常に假想的のものであるから、之れを利用し得ざるも亦當然のことであることを心得置かねばならぬ。

例、第四百六十二圖に示す手働剪斷機の構造圖を畫けば第四百六十三圖の如くである。

第四百六十三圖




今$O_1M=MN=5$吋, $O_2N=O_1e=40$吋, $O_2f=10$吋とせば、角$MO_1N$が20度なる瞬時に60「ポンド」の力Fを把手に



直角に加ふる時は、刄物に幾何の力Pを生ずるか。但し角$MO_1N$が20度なる瞬時には角$O_2NO_1$は90度とす。

解、$O_1$及び$O_2$より連鋂MN又は其延長線に下したる垂直線を$O_1k$及び$O_2s$とすれば、

$$角速比,\ \varepsilon=\frac{O_2s}{O_1k}$$

偖て三角形$MO_1N$は二等邊三角形なる故に、

$$O_1N=2\times O_1M\cos20^\circ=2\times5\times0{\cdot}94=9{\cdot}4^{吋}.$$

而して　$O_1k=O_1N\sin MNO_1$

然るに角$MNO_1$も亦20度なる故に、

$$O_1k=O_1N\sin20^\circ=9{\cdot}4\times0{\cdot}342=3{\cdot}22^{吋}$$

又　角$O_2NM=$角$O_2NO_1-$角$MNO_1=90^\circ-20^\circ$

$$=70^\circ$$

故に　$O_2s=O_2N\sin O_2NM=40\sin70^\circ=40\times0{\cdot}94$

$$=37{\cdot}6^{吋}$$

依て　$$\varepsilon=\frac{37{\cdot}6}{3{\cdot}22}=11{\cdot}7$$

故に　$$P=F\varepsilon\frac{O_1e}{O_2f}=60\times11{\cdot}7\times\frac{40}{10}=2{,}810^{ポンド}$$

即ち僅か60「ポンド」の力を以て把手を押す時は刄物に於て2,810「ポンド」の如き大なる力を生ず。尙ほ角$MO_1N$が20度よりも小ならば一層大なる力を生ずるものである。

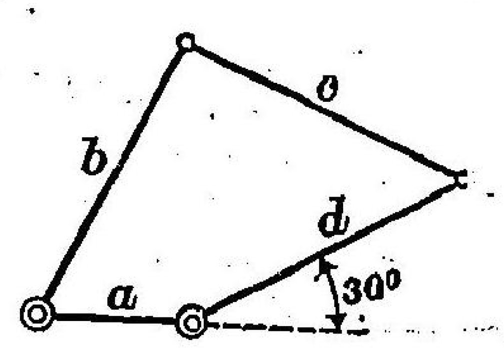
## 第一目 問 題

**1.** 腕の長さ8呎及び4呎,連桿の長さ20呎,中心距離21呎なる「リンク」仕掛けは如何なる「からくり」に屬するか。

**2.** 前問の「リンク」仕掛けに於て,(1)長さ4呎の腕を固定する時,(2)長さ8呎の腕を固定する時,及び(3)連桿を固定する時は夫々如何なる「からくり」となるか。

**3.** 第四百六十四圖に示す如き「リンク」仕掛けあり。$a=1$ 吋,$b=c=d=2$ 吋なりと云ふ。此「リンク」仕掛けは如何なる「からくり」に屬するか。又圖に示す位置にある瞬時の角速比を求む。

第四百六十四圖




**4.** 腕の長さ12吋及び30吋,連桿の長さ36吋,中心距離48吋なる「クランク」と挺子の「からくり」に於て,「クランク」が30回/分の速度を以て回轉すれば,「クランク」が二軸の中間に於て中心線に傾くこと0度,90度,180度及び270度なる瞬時の挺子の線速度を求む。



**5.** 腕の長さ3吋及び4吋,中心距離10吋なる「リンク」仕掛けの連桿の長さを何吋にすれば「クランク」と挺子の「からくり」となるか。其最大及び最小の値を問ふ。

**6.** 腕の長さ3吋及び4吋,中心距離10吋なる「リンク」仕掛けは,連桿を適當の長さにすれば「ドラッグ,リンク」の「からくり」と成り得るか。

**7.** 腕の長さ7吋及び6吋,中心距離3吋の「リンク」仕掛けが,「ドラッグ,リンク」の「からくり」たる連桿の最大及び最小の長さを問ふ。

**8.** 「クランク」と挺子の「からくり」に於て,「クランク」の長さ1·52呎,挺子の長さ4·43呎,中心距離4呎,連桿の長さ3·67呎ならば挺子が右及び左に搖動する時間の比を求む。

**9.** 腕の長さ1·2呎及び1·65呎,連桿の長さ1·25呎,中心距離2·5呎の「リンク」仕掛けに於て,短かき方の腕の線速度が10呎/秒ならば,其腕と中心線とが60度の角をなす瞬時の長き方の腕の線速度を問ふ。

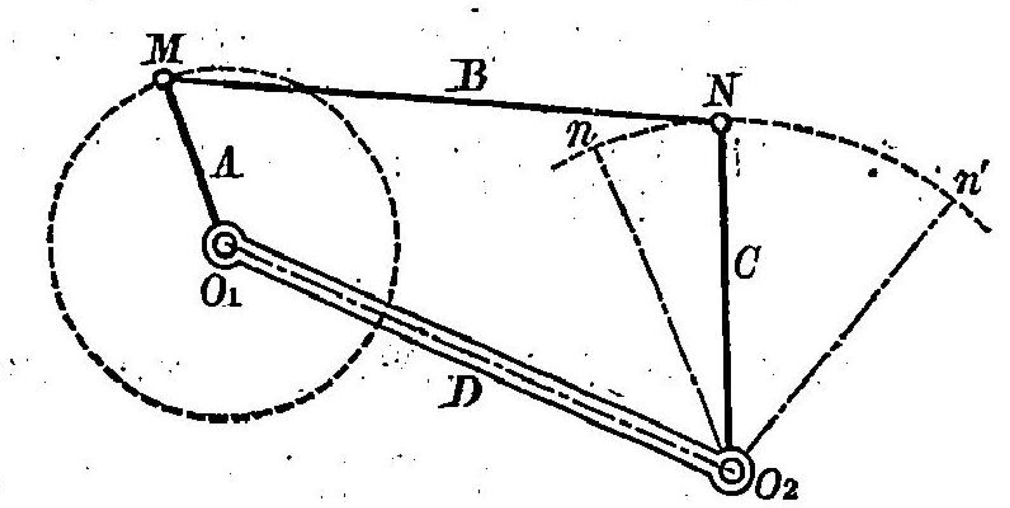
**10.** 第四百六十二圖に示す手働剪斷機に於て $O_1M=10$ 吋,$MN=8$ 吋,$O_2N=20$ 吋,$O_1e=80$ 吋,$O_2f=10$ 吋ならば,角 $MO_1N$ が30度なる時100「ポンド」の力Fを把手に直角に加ふる時は,刄物に幾何の力Pを生

ずるか。但し角 $MO_1N$ が 30 度なる時角 $O_2NO_1$ 90度なりとす。

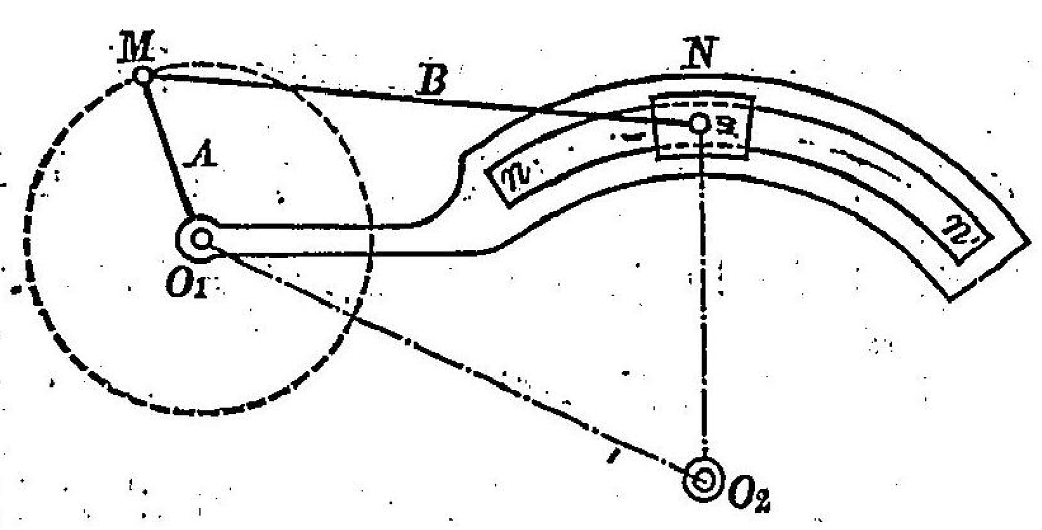
## 第二目　一個の滑動の對を含む「リンク」仕掛け

**227.「クランク」と滑り子**　「クランク」と挺子の「からくり」(第四百六十五圖)に於ては「クランク」A が $O_1$ のまはりに回轉すれば挺子Cの一端Nは $O_2$ を中心とする圓弧 $nNn'$ に沿ふて往復するのであるから、Cなる挺子を置く代はりに $nNn'$ に沿ふて導板を置き之れにOを中心とし挺子Cを半徑とする圓形の溝を造り而して之れを固定し、Nに滑り子を附し此溝に沿ふて滑らすことと第四百六十

第四百六十五圖



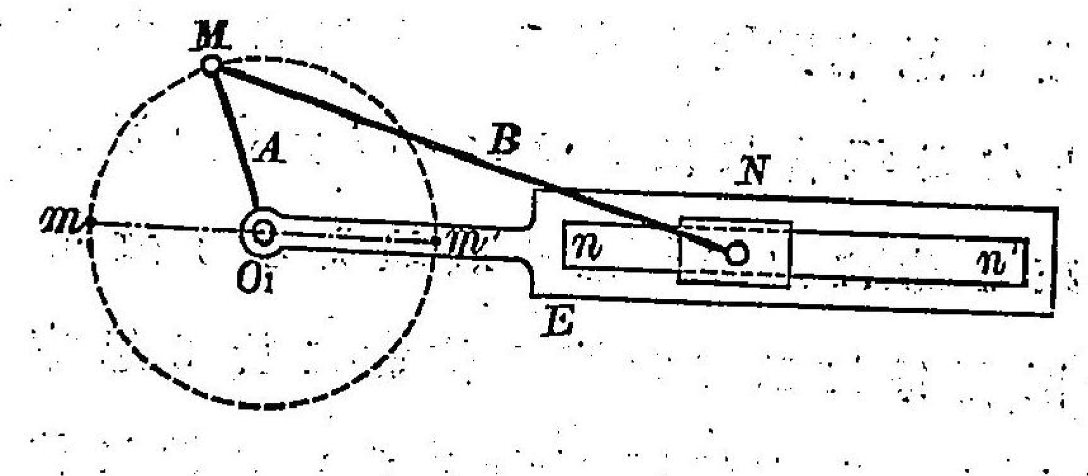

第四百六十六圖






六圖に示す如くすれば恰もCなる挺子がある場合と同じ働作をなすことは明白である。今若し挺子の長さ或は $nNn'$ なる導板の半徑が無限大であると假定すれば導板は第四百六十七圖に示す如く直線形となる。然る時は「クランク」A が $O_1$ のまはりに回轉すれば滑り子Nは固定されたる「リンク」即ち框E上に於て直線形の導板 $nn'$ に沿ふて往復運動をなすのである。即ち茲に一個の滑動の對を含む新しき「リンク」仕掛けを得た譯で之れを**「クランクと滑り子のからくり」**と名付く。此「からくり」は往復運動を回轉運動に變へ又は回轉運動を往復運動に變へる必要ある場合に應用せらるゝもので、時に**蒸汽機關「からくり」**[上卷30節]と呼ばれ、蒸汽機關類及び「ポンプ」類に專ら適用さるゝものである。而して此等の機械に應用されたる場合には滑り子Nを**十字頭**と云ひ、十字頭の往復する範圍 $nn'$ の距離を十字頭の**行程**と云ふ。然し蒸汽機關類の原働機に應用されたる場合は十字頭

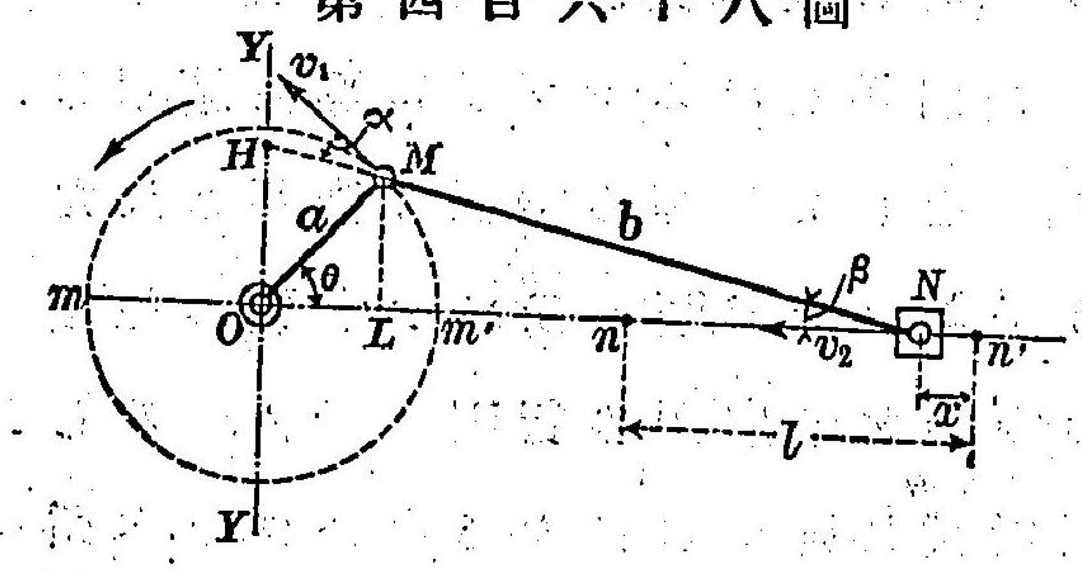
第四百六十七圖



が働子で「クランク」は被働子であるが、「ポンプ」類に應用されたる場合は多くは「クランク」が働子で十字頭は被働子である。此「からくり」は導板 $nn'$ に直角なる無限に長き假想的の挺子を有する「クランク」と挺子の「からくり」に他ならぬものであるから、「クランク」A が働子たる間は連桿Bは挺子と一直線をなすことと決して無き故に思案點を生ずることはないが、十字頭Nが働子となる場合には「クランク」Aが $O_1m$ 及び $O_1m'$ の位置に來る時に連桿Bと一直線をなす故に、「クランク」の一回轉毎に二度此等の位置に於て思案點を起すのである。蒸汽機關類の「クランク」軸に往々「はずみ車」の裝置しあるは實に此等の思案點を通過せしめんがためである[222節參照]。

偖て「クランク」と滑り子の「からくり」一名蒸汽機關「からくり」に於ける「クランク」の位置と十字頭の位置との關係を求むることを述べやう。第四百六十八圖に於て「クランク」OM が二つの思案點 Om 及び Om′ の位置にある時

第四百六十八圖






十字頭Nは夫々 $n$ 及び $n'$ にありとすれば、$nn'$ の長さは $mm'$ の長さに等しきことは明てある。故に $nn'$ の長さ即ち十字頭の行程を $l$ とすれば $mm'$ の長さも亦 $l$ に等しく、又「クランク」の長さを $a$ とすれば $mm'$ は $2a$ に等しき故に、

$$l=2a$$

今「クランク」が内方の思案點 $Om'$ の位置より角 $\theta$ を回轉したる時十字頭は行程の外端 $n'$ より $x$ なる距離を動きたりとすれば、

$$x=On'-ON \text{......} (a)$$

然るに連桿の長さを $b$ とすれば、

$$On'=a+b \text{......} (b)$$

又Mより直線ONに垂直線MLを引けば、

$$ON=OL+LN$$

然るに　$OL=OM\cos\theta=a\cos\theta$

及び　$LN=\sqrt{MN^2-ML^2}=\sqrt{b^2-a^2\sin^2\theta}$

故に　$ON=a\cos\theta+\sqrt{b^2-a^2\sin^2\theta} \text{......} (c)$

$(b)$, $(c)$ 二式の値を $(a)$ 式に代入すれば、

$$x=a+b-a\cos\theta-\sqrt{b^2-a^2\sin^2\theta}$$

或は　$x=a(1-\cos\theta)+b\left[1-\sqrt{1-\frac{a^2}{b^2}\sin^2\theta}\right] \text{....} (197)$

又は連桿の長さと「クランク」の長さとの比 $\frac{b}{a}$ を $k$ と

置けば、

$$\frac{b}{a}=k \quad 或は \quad b=ka$$

此値を上式に代入すれば、

$$x=a(1-\cos\theta)+ka\left[1-\sqrt{1-\frac{1}{k^2}\sin^2\theta}\right]$$

或は　$$x=a(1-\cos\theta+k-\sqrt{k^2-\sin^2\theta})\ \cdots\cdots\ (197a)$$

此等は所求の關係を表はす公式である。

次に「クランク」と十字頭との速度の關係を求めやう。回轉の對のみより成る「リンク」仕掛け $O_1MNO$（第四百五十圖）に於てM及びNの線速度を夫々 $v_1$ 及び $v_2$ とし、$v_1$ 及び $v_2$ が連銲となす角を夫々 $\alpha$ 及び $\beta$ とすれば $t_1=t_2$ となり、隨て

$$v_1\cos\alpha=v_2\cos\beta\ \cdots\cdots\cdots\ (d)$$

なること既に第 220 節に詳述したのである。此關係は無論蒸汽機關「からくり」にも適用され得るものであるが、只蒸汽機關「からくり」に於ては假想の挺子は $nn'$（第四百六十八圖）に直角であるから $v_2$ は丁度十字頭が往復運動をなす速度となる。倩てOを通りONに直角なる直線YYを引き連銲或は其延長線が此直線と交はる點をHとすれば、

$$\alpha=90^\circ-角\,OMH$$
$$\beta=90^\circ-角\,OHM$$



故に　$$\cos\alpha=\cos(90^\circ-OMH)=\sin OMH$$
$$\cos\beta=\cos(90^\circ-OHM)=\sin OHM$$

此等の値を $(d)$ 式に代入すれば、

$$v_1\sin OMH=v_2\sin OHM$$

或は　$$\frac{v_2}{v_1}=\frac{\sin OMH}{\sin OHM}$$

然るに三角形 OMH に於て三角形一般の性質として

$$\frac{\sin OMH}{\sin OHM}=\frac{OH}{OM}=\frac{OH}{a}$$

故に　$$\frac{十字頭の線速度}{「クランク」の線速度}=\frac{v_2}{v_1}=\frac{OH}{a}\ \cdots\cdots\cdots\ (198)$$

或は「クランク」の角速度を $\omega$ とすれば $v_1=\omega a$ であるから上式より

$$\frac{v_2}{\omega a}=\frac{OH}{a}$$

故に　$$\frac{十字頭の線速度}{「クランク」の角速度}=\frac{v_2}{\omega}=OH\ \cdots\cdots\cdots\ (199)$$

即ち「クランク」が一定の角速度を以て回轉する時は十字頭の速度は OH の量に正比例するものである。故に OH の大小を以て直ちに十字頭の速度の大小を知ることが出來る。例へば「クランク」と連銲とが直角となる瞬時即ち連銲が「クランク」の畫く圓の接線となる位置に來る瞬時は、OH の値が最大となる

から十字頭の速度も亦此時に最大で、思案點に於ては OH は零となるから十字頭の速度も亦零である。「クランク」が思案點にある時は十字頭は行程の兩端にありて其際十字頭は一時運動を停止し、更に運動の向きを變へ反對の向きに運動を起すは實に之れが爲である。要するに「クランク」が一定の回轉速度を以て運動する時は十字頭の速度は時々刻々其大さを變じ、又十字頭の速度一樣なる時は「クランク」は一回轉中に回轉速度の絶えず變化するものである。

例、「クランク」と連鉀との長さ1と4との比をなす蒸汽機關「からくり」に於て「クランク」の長さ10吋ならば、十字頭が行程の中央にある時「クランク」は思案點と何度の角をなすか。又其瞬時の速比を求む。

解、公式 $x=a(1-\cos\theta+k-\sqrt{k^2-\sin^2\theta})$ に於て

$$x=\frac{l}{2}=\frac{2a}{2}=a$$

$$k=4$$

故に　$a=a(1-\cos\theta+4-\sqrt{4^2-\sin^2\theta})$

$$1=1-\cos\theta+4-\sqrt{16-\sin^2\theta}$$

或は　$\sqrt{16-\sin^2\theta}=4-\cos\theta$

左右の兩邊を各々二乘すれば



$$16-\sin^2\theta=16-8\cos\theta+\cos^2\theta$$

$\sin^2\theta=1-\cos^2\theta$ なる故に

$$16-1+\cos^2\theta=16-8\cos\theta+\cos^2\theta$$

即ち　$8\cos\theta=1$

$$\cos\theta=\frac{1}{8}=0{\cdot}125$$

故に　$\theta=82°49'$ 及び $277°11'$ 等

一般に　$\theta=360n\pm82°49'$

但し $n$ は任意の整數とす。

此れは所要の角である。次に

$$x=On'-ON$$

或は　$ON=On'-x=a+b-a=b$

故に三角形 ONM は二等邊三角形となり、角 OMN は角 MON に等しく何れも $82°49'$ であるから

角 $ONM=\beta=180°-2\times82°49'=14°22'$

而して　$OH=ON\tan\beta=b\tan14°22'$

然るに　$b=4a=4\times10=40$吋

故に　$OH=40\tan14°22'=40\times0{\cdot}256=10{\cdot}2$吋

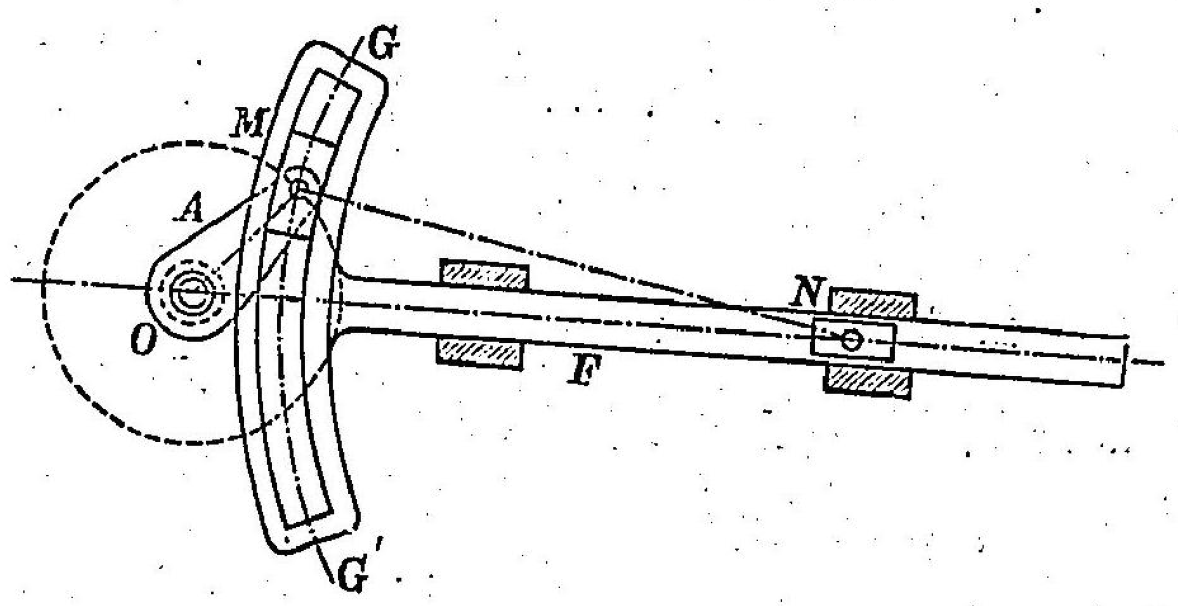
依て　$\dfrac{\text{十字頭の線速度}}{\text{「クランク」の線速度}}=\dfrac{v_2}{v_1}=\dfrac{OH}{a}=\dfrac{10{\cdot}2}{10}=1{\cdot}02$

$$\frac{\text{十字頭の線速度}}{\text{「クランク」の角速度}}=\frac{v_2}{\omega}=OH=10{\cdot}2$$

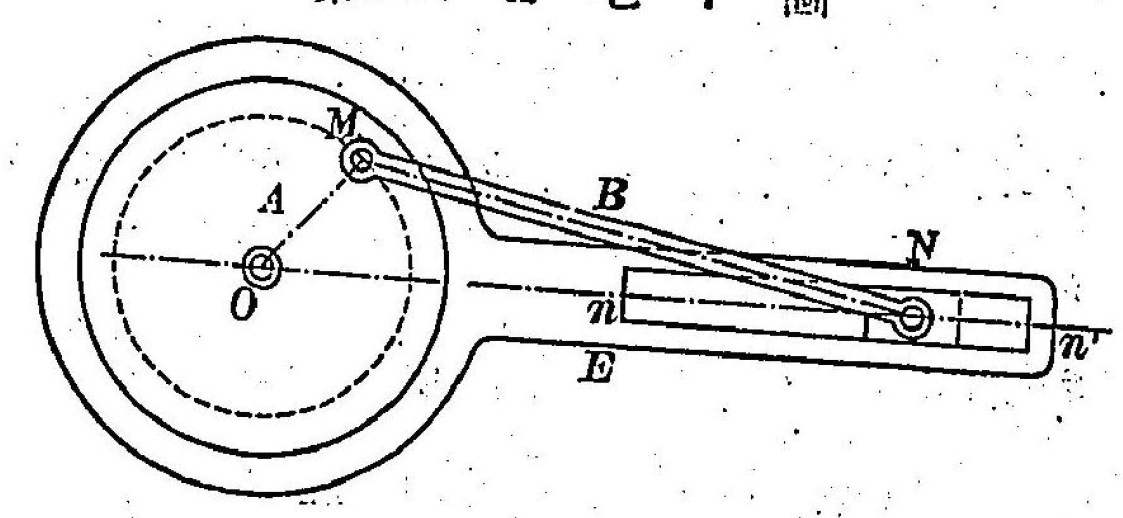
**228. 蒸汽機關「からくり」の變態並に偏心器**　蒸

汽機關「からくり」(第四百六十七圖)は、「クランク」の長さと連桿の長さとが一定にして導板が固定されてあるならば假令如何なる構造にするとも「からくり」としては同一物であるから、例へば第四百六十九圖に示す逆「カム」の装置[中巻第三百五十七圖參照]に於て滑り子FをT字形に造り之れにNを中心としMNを半徑とする圓形の

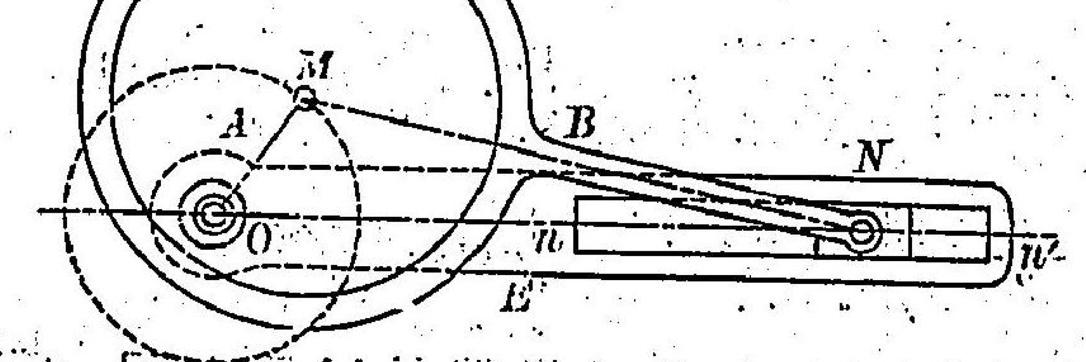
第四百六十九圖




第四百七十圖




第四百七十一圖






溝GG'を掘り付け、此溝に沿ふて「クランク」の外端即ち「クランク、ピン」Mが滑る様に装置すれば、此物の運動は「クランク」の長さOM,連桿の長さMNなる蒸汽機關「からくり」と同一である。又第四百七十圖に示す装置に於ては固定の導板Eの一端に中心Oなる圓形の孔を造り、此孔の内に圓形の板Aを嵌め、此板の一點Mに連桿MNの一端を取り付くれば、圓板Aが圓形の孔の内面を滑りて回轉すれば滑り子Nは導板nn'に沿ふて往復し、其運動は「クランク」の長さOM,連桿の長さMNなる蒸汽機關「からくり」の運動と同一である。或は第四百七十一圖に示す如く連桿の一端に中心Mなる圓形の孔を造り、それに圓形の板Aを嵌め、此板の一點に固定の回轉軸Oを置けば、圓板Aが此固定軸Oのまはりに回轉すれば滑り子Nは導板nn'に沿ふて往復し、其運動は「クランク」の長さOM,連桿の長さMNなる蒸汽機關「からくり」の運動と同一であることは明である。

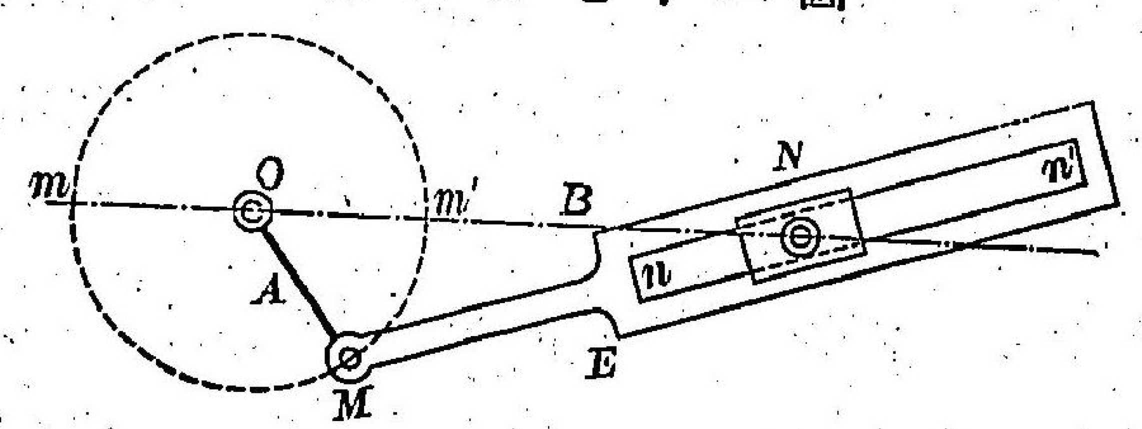
第四百七十一圖の装置は蒸汽機關「クランク」軸の回轉運動を以て滑り瓣に往復運動を與ふる仕掛け、或は「ポンプ」の「ピストン」を往復せしむる仕掛け等に應用せらるゝもので、圓板Aの中心はMで、其回轉の中心は圓板の中心と離れたる點Oであるから斯様

な構造の圓板と圓板の周圍の輪とを幷せて**偏心器**と呼び、輪と滑り子Nとを連結する連鋂の一部を**偏心器鋂**と云ふ。

第四百七十圖の裝置は「クランク」軸の直徑を甚だ大にしたる蒸汽機關「からくり」、又第四百七十一圖の裝置は「クランク、ピン」の直徑を甚だ大にしたる蒸汽機關「からくり」と見ることが出來やう。隨つて偏心器は蒸汽機關「からくり」の「クランク、ピン」の半徑を「クランク」の長さよりも大にしたるものに他ならぬのである。

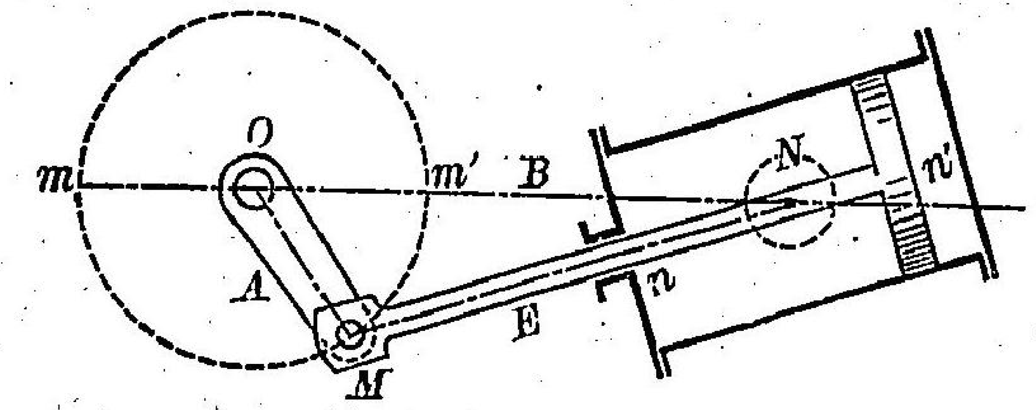
**229. 「クランク」と搖動滑り子** 「クランク」と滑り子の「からくり」に於ては導板を固定したのであるが、必ずしも導板を固定するとのみ限らぬ。導板を固定する代はりに他の「リンク」の一を固定する時は、異なる種々の新しき「からくり」を得るものである。例へば「クランク」と滑り子の「からくり」の導板を固定する代はりに其連鋂B(第四百六十七圖)を固定の「リンク」とすれば第四百七十二圖及び第

第四百七十二圖






第四百七十三圖

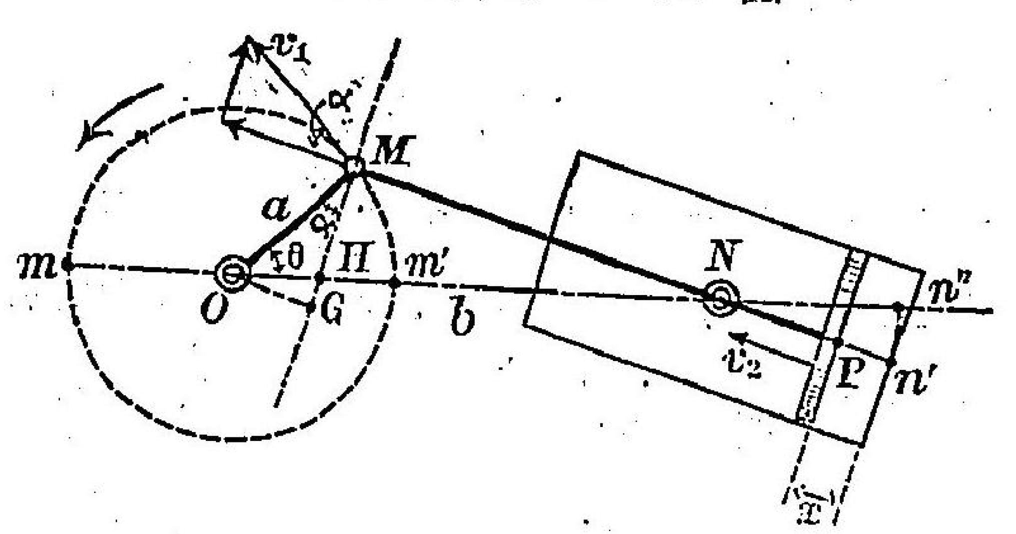



四百七十三圖に示す如き「からくり」となる。Bは框でONの距離は一定である。而してAは矢張り「クランク」で之れがOを軸として回轉すれば、連鋂EはNを軸として搖動しつゝ $nn'$ なる直線形の溝に沿ふて往復する。故に $nn'$ なる直線形の溝をしてNのまはりに搖動し得る樣に造り置けば完全の「からくり」となる。此新しき「からくり」を**「クランク」と搖動滑り子の「からくり」**と云ひ、第四百七十二圖に示すは導板が $nn'$ の距離を往復し、第四百七十三圖に示すは滑り子が $nn'$ の距離を往復する裝置であるが、「からくり」としては兩者無論同一物である。第四百七十三圖の裝置は搖動機關並びに搖動「ポンプ」に應用されて居るものであるから、此れを一名**搖動機關「からくり」**と名付く。此等の機械に應用されたる時は導板は機關或は「ポンプ」の「シリンドル」、滑り子は其「ピストン」で、$nn'$ の距離は其行程である。但し搖動機關に於ては「ピストン」は働子、「クランク」は被働子であるが、搖動「ポンプ」

に於ては「クランク」が働子,「ピストン」は被働子である。夫故揺動機關に於ては「クランク」Aが $Om$ 及び $Om'$ の位置を取る時に思案點を生ずるは見易きことであらう。

偖て揺動機關「からくり」に於て「クランク」の位置と「ピストン」の位置との關係を求むることを示さう。第四百七十四圖に於て「クランク」が内方の思案點より角 $\theta$ を回轉したる時「ピストン」は行程の外端 $n'$ より距離 $x$ を動きたりとし、「クランク」の長さを $a$, ON の距離を $b$ とすれば「ピストン」の行程は蒸汽機關「からくり」に於けると同しく「クランク」の畫く圓の直徑即ち $2a$ に等しきことは明白である。然るに $Nn'$ は行程の二分の一に等しき理であるから $Nn'=a$ である。故に

第四百七十四圖




$$Mn'=MN+Nn'=MN+a$$

又「ピストン」P が $n'$ に重なる瞬間は M が $m'$ にある時で、其際 $n'$ は $n''$ の位置にあるのである。故に

$$MP=m'n''$$



然るに $m'n''=m'N+Nn''$

且つ $m'N=ON-Om'=b-a$

及び $Nn''=Nn'=a$

であるから $MP=m'n''=b-a+a=b$

故に $x=Mn'-MP=MN+a-b$

然るに三角形 OMN に於て

$$MN=\sqrt{a^2+b^2-2ab\cos\theta}$$

故に $x=\sqrt{a^2+b^2-2ab\cos\theta}+a-b$ ......(200)

此れは所要の關係を示す公式である。

次に「クランク」と「ピストン」或は「シリンドル」との速度の關係を求めやう。今「クランク」の線速度 $v_1$ を連桿 MN に平行及び直角の二方向に分解し、$v_1$ と其平行分速度との間の角を $\alpha$ とすれば、平行分速度は $v_1\cos\alpha$ で此れが「ピストン」の線速度 $v_2$ に等しかるべき理であるから[220節參照]、

$$v_2=v_1\cos\alpha$$

連桿MNに直角に點Mより直線MGを引き、Oより之れに垂直線OGを下せば角OMGは $\alpha$ に等しくなる.故に、

$$\cos\alpha=\frac{MG}{OM}=\frac{MG}{a}$$

故に $v_2=v_1\times\frac{MG}{a}$

即ち $$\frac{「ピストン」の線速度}{「クランク」の線速度}=\frac{v_2}{v_1}=\frac{MG}{a}\ldots\ldots(201)$$

「クランク」の角速度を $\omega_1$ とすれば $v_1=\omega_1 a$ なる故に、上式より

$$\frac{v_2}{\omega_1 a}=\frac{MG}{a}$$

故に $$\frac{「ピストン」の線速度}{「クランク」の角速度}=\frac{v_2}{\omega_1}=MG\ldots\ldots\ldots(202)$$

又 $v_1$ の MN に直角なる分速度 $v_1\sin\alpha$ は、連桿 MN の M 點が搖動する線速度である。然るに連桿 MN の線速度は即ち「シリンドル」の搖動する線速度であるから、$v_1\sin\alpha$ を搖動の半徑 MN にて除したるものは「シリンドル」が搖動する角速度であるべき筈である故に[上卷公式(7)]此角速度を $\omega_2$ とすれば

$$\omega_2=\frac{v_1\sin\alpha}{MN}$$

或は $v_1=\omega_1 a$ である故に、

$$\omega_2=\frac{\omega_1 a\sin\alpha}{MN}$$

$\sin\alpha=\frac{OG}{OM}=\frac{OG}{a}$ であるから、

$$\omega_2=\frac{\omega_1 a\times OG}{MN\times a}=\frac{\omega_1\times OG}{MN}$$

或は $$\frac{\omega_2}{\omega_1}=\frac{OG}{MN}$$



又は ON と MG との交點を H とすれば、二つの三角形 OGH と MNH とが相似形となる故に、

$$\frac{OG}{MN}=\frac{OH}{NH}$$

故に $$\frac{「シリンドル」の角速度}{「クランク」の角速度}=\frac{\omega_2}{\omega_1}=\frac{OG}{MN}=\frac{OH}{NH}\ldots(203)$$

例、 $OM=a=2$ 吋, $ON=b=5$ 吋なる搖動機關「からくり」に於て、$\theta=60$ 度なる瞬時の速度の關係を求む(第四百七十四圖)。

解、 三角形 OMN に於て

$$MN=\sqrt{a^2+b^2-2ab\cos\theta}=\sqrt{2^2+5^2-2\times2\times5\cos60^\circ}$$
$$=\sqrt{4+25-20\times0{\cdot}5}=\sqrt{19}=4{\cdot}36^{吋}$$

又同じ三角形に於て

$$\sin OMN=\sin\theta\times\frac{b}{MN}=\sin60^\circ\times\frac{5}{4{\cdot}36}$$
$$=0{\cdot}866\times\frac{5}{4{\cdot}36}=0{\cdot}993$$

故に 角 $OMN=83^\circ12'$

然るに $\alpha=$角 OMN$-$角 $GMN=83^\circ12'-90^\circ$
$$=-6^\circ48'$$

故に $MG=a\cos\alpha=2\cos(-6^\circ48')=2\cos6^\circ48'$
$$=2\times0{\cdot}993=1{\cdot}986^{吋}$$

又 $OG=a\sin\alpha=2\sin(-6^\circ48')=-2\sin6^\circ48'$
$$=-2\times0{\cdot}118=-0{\cdot}236^{吋}$$

依て
$$\frac{\text{「ピストン」の線速度}}{\text{「クランク」の線速度}}=\frac{v_2}{v_1}=\frac{\mathrm{MG}}{a}=\frac{1{\cdot}986}{2}$$
$$=0{\cdot}993$$

$$\frac{\text{「ピストン」の線速度}}{\text{「クランク」の角速度}}=\frac{v_2}{\omega_1}=\mathrm{MG}=1{\cdot}986$$

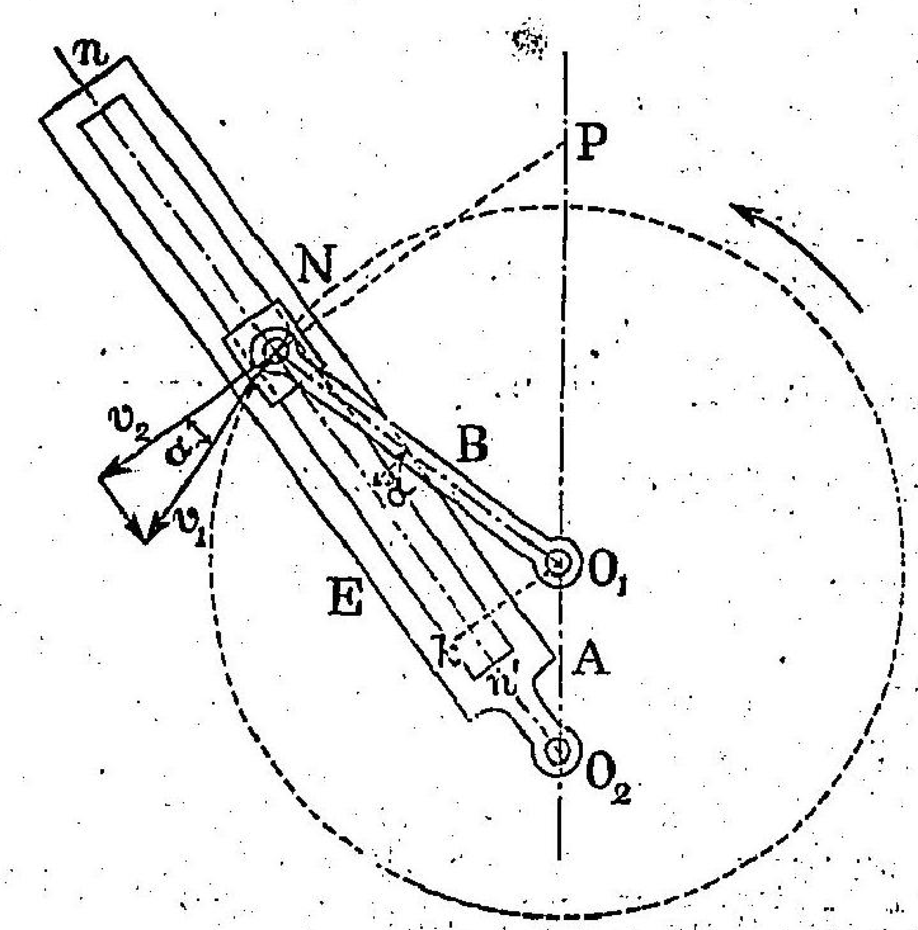
$$\frac{\text{「シリンドル」の角速度}}{\text{「クランク」の角速度}}=\frac{\omega_2}{\omega_1}=\frac{\mathrm{OG}}{\mathrm{MN}}=-\frac{0{\cdot}236}{4{\cdot}36}$$
$$=-0{\cdot}0541$$

負號は「シリンドル」の搖動する向きが初めと反對なることを示す。

**230. 「クランク」と回轉導板**　蒸汽機關「からくり」(第四百六十七圖)の連鋅Bを固定すれば前節に掲げた搖動機關「からくり」となるが、此れを固定する代はりに「クランク」Aを固定すれば復た他の新しき「からくり」を得るもので、第四百七十五圖に示すは即ち其れである。此れを**「クランク」と回轉導板の「からくり」**と名付け、蒸汽機關「からくり」の連鋅であつた「リンク」Bを「クランク」として軸 $O_1$ のまはりに回轉すれば、導板Eも亦他の軸 $O_2$ のまはりに回轉するものである。偖て此「からくり」に於て「クランク」Bと導板Eとは如何なる速度の關係を保つかと云ふに、今「クランク」Bの線速度を $v_1$、導板の線速度を $v_2$ とし、$v_1$ を導板に直角及び平行なる二方向の分速度に分解すれ



第四百七十五圖




ば平行分速度は滑り子Nと導板とが滑り合ふ速度を示し、直角分速度は $v_2$ と相共に回轉の運動を與ふる速度を示すこととなる。夫故に此直角分速度は $v_2$ と等しからねばならぬことは滑動接觸の原理[中卷156節]に照して明白なることである。故に $v_1$ と $v_2$ とのなす角を $\alpha$ とすれば、

$$v_2=v_1\cos\alpha$$

$v_1$ は $O_1N$ に、又 $v_2$ は $O_2N$ に夫々直角であるから角 $O_1NO_2$ は $\alpha$ に等しい。故に $O_1k$ を $O_2N$ に直角に引けば

$$\cos\alpha=\frac{Nk}{O_1N}$$

故に
$$v_2=v_1\times\frac{Nk}{O_1N}$$

「クランク」の角速度を $\omega_1$ とし導板の角速度を $\omega_2$ とすれば、

$$v_1=\omega_1\times O_1N;\quad v_2=\omega_2\times O_2N$$

故に　$\omega_2\times O_2N=\omega_1\times O_1N\times\frac{Nk}{O_1N}$

或は　$\omega_2\times O_2N=\omega_1\times Nk$

又は　$\frac{\omega_2}{\omega_1}=\frac{Nk}{O_2N}$

或は NP を導板に直角に引き中心線又は其延長線と交はる點をPとすれば、二つの三角形 $O_2kO_1$ と $O_2NP$ とが相似形となるから、

$$\frac{Nk}{O_2N}=\frac{O_1P}{O_2P}$$

故に　$$\frac{\text{導板の角速度}}{\text{「クランク」の角速度}}=\frac{\omega_2}{\omega_1}=\frac{O_1P}{O_2P}\cdots\cdots\cdots(204)$$

即ち導板と「クランク」との角速度は、接觸點に於て導板に直角に引きたる直線が中心線又は其延長線と交はる點より各軸に到る距離に反比例するものである。此角速度の關係は滑動接觸の其れと全く同一である[中卷公式(155)參照]。是れ此「からくり」は二軸間に滑動接觸にて回轉運動を傳ふる裝置に他ならぬものであるから斯くあるべきは當然の理である。

導板が中心線 $O_1O_2$ に直角なる瞬時には NP は $O_1O_2$ に平行となり、P點は無限の遠距離にある故に $O_1P$ と $O_2P$ とは殆ど相等しと見ることが出來る。即ち此瞬時には角速比は1となり、「クランク」の角速度と導板の角速度とが等しくなる。



例、中心距離4吋、「クランク」の長さ8吋なる第四百七十五圖に示す「からくり」に於て、角 $PO_1N$ が45度なる瞬時の速比を求む。

解、三角形 $O_1NO_2$ に於て

$$O_2N=\sqrt{4^2+8^2-2\times4\times8\cos NO_1O_2}$$

然るに　$\cos NO_1O_2=\cos(180°-45°)=-\cos45°$

$=-0{\cdot}707$

故に　$O_2N=\sqrt{16+64+2\times4\times8\times0{\cdot}707}=\sqrt{125}$

$=11{\cdot}2''$

又同じ三角形に於て

$$\sin O_1O_2N=\sin NO_1O_2\times\frac{O_1N}{O_2N}$$

然るに　$\sin NO_1O_2=\sin(180°-45°)=\sin45°$

$=0{\cdot}707$

故に　$\sin O_1O_2N=0{\cdot}707\times\frac{8}{11{\cdot}2}=0{\cdot}505$

依て　角 $O_1O_2N=30°20'$

故に　$O_2P=\frac{O_2N}{\cos O_1O_2N}=\frac{11{\cdot}2}{\cos30°20'}=\frac{11{\cdot}2}{0{\cdot}863}$

$=13''$

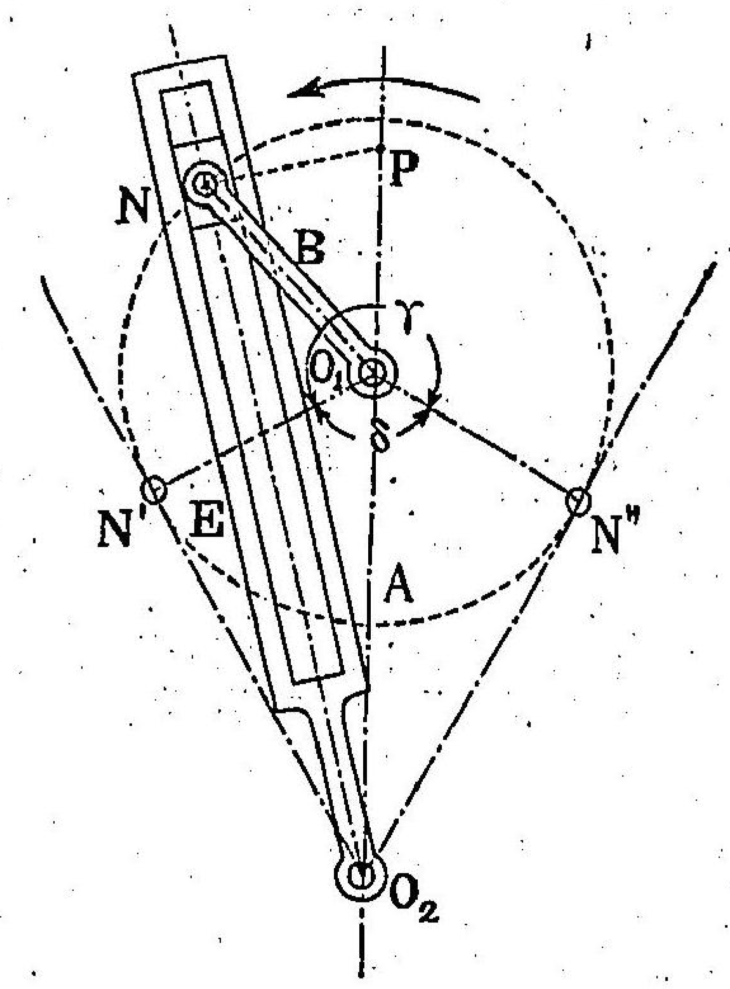
又　$O_1P=O_2P-O_1O_2=13-4=9''$

故に　$$\frac{\text{導板の角速度}}{\text{「クランク」の角速度}}=\frac{\omega_2}{\omega_1}=\frac{O_1P}{O_2P}=\frac{9}{13}$$

$=0{\cdot}692$

**231. 「クランク」と溝付挺子**（ミゾツキ）「クランク」と回轉導板の「からくり」（第四百七十五圖）は「クランク」Bの長さが中心距離$O_1O_2$よりも大なる場合に限りて成り立つもので、Bの長さが$O_1O_2$よりも小なる時は「クランク」が回轉するとも導板は回轉することなく、軸$O_2$のまはりに搖動するものとなる。故に「クランク」の長さが中心距離よりも小なる「からくり」は「クランク」と回轉導板の「からくり」と全く別種のもので、之れを**「クランク」と溝付挺子の「からくり」**と名付く。第四百七十六圖に示すは即ち此「からくり」で、「クランク」Bが$O_1$を軸として回轉する時導板Eは$O_2$を軸として搖動することは明白である。然し此「からくり」と前節の「からくり」とは只「クランク」の長さと中心距離との大小の關係によりて別種の「からくり」となりたるに過ぎぬものであるから、速度の關係は兩者に於て同一であることは論なくして明であらう。夫故「クラ

第四百七十六圖






ンク」と導板とが接する點Nに於て導板に直角に引きたる直線NPが中心線或は其延長線と交はる點をPとすれば、公式(204)と同じく「クランク」と導板との角速度の關係は次の式を以て表はさるゝものである。

$$\frac{\text{導板の角速度}}{\text{「クランク」の角速度}}=\frac{\omega_2}{\omega_1}=\frac{O_1P}{O_2P}\cdots\cdots\cdots(205)$$

導板即ち**溝付挺子**が「クランク」の書く圓の接線$O_2N'$及び$O_2N''$の位置に來る瞬時には接觸點は夫々$N'$及び$N''$に一致し、P點は「クランク」軸$O_1$に一致することゝなるから$O_1P$は零となる。即ち此位置に於ては$\frac{\omega_2}{\omega_1}=0$となる。是れ此位置に於ては「クランク」が絶えず回轉を續けつゝあるに係らず挺子は一時靜止し然して更に反對の向きに搖動を起すことを示すのである。換言すれば挺子は$O_2N'$と$O_2N''$との間に搖動するのである。

偖て「クランク」が一樣の角速度を以て矢を以て示す向きに回轉するとせば、「クランク」が$O_1N''$の位置より$O_1N'$の位置に移るには$O_1N'$より$O_1N''$に移るよりも多くの時間を要することは、中心角$\gamma$及び$\delta$の大小によりて容易に判斷し得られやう。然るに挺子は「クランク」が$O_1N''$の位置より$O_1N'$の位置に移る

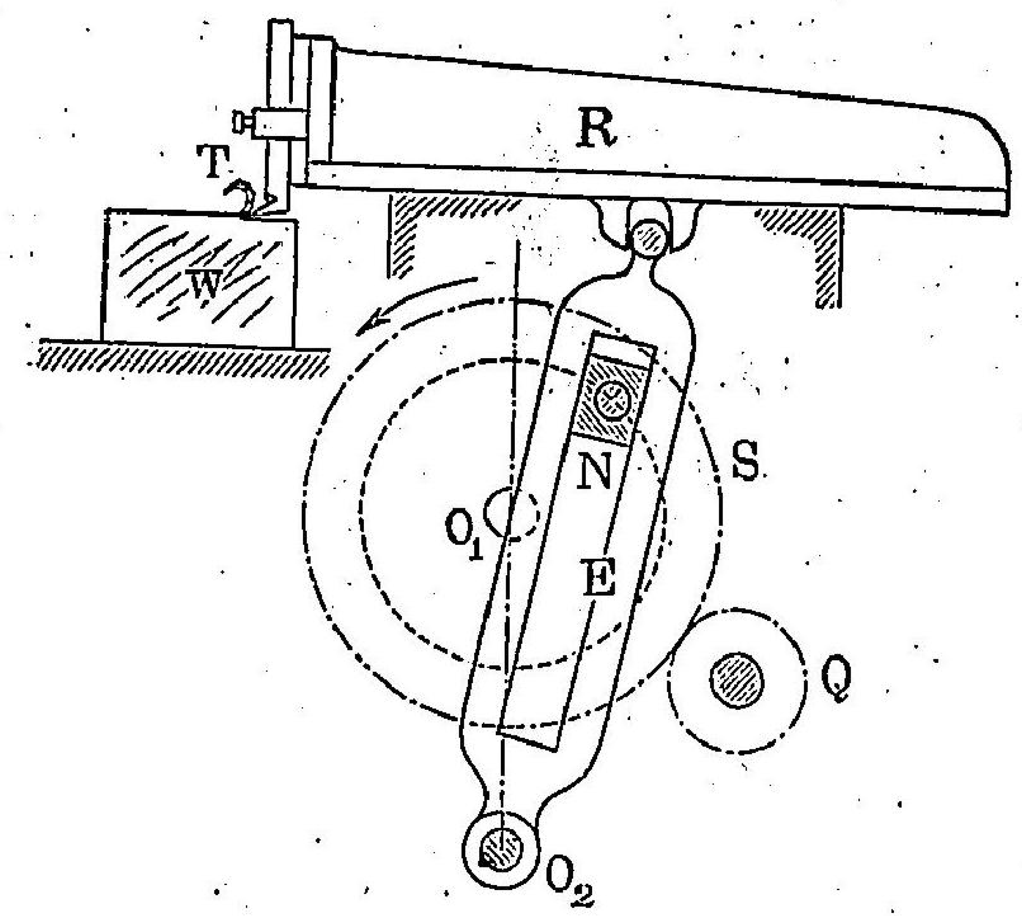
間に一方に進み「クランク」が $O_1N'$ の位置より $O_1N''$ の位置に移る間に原の位置に戻るのである。であるから「クランク」が一樣の角速度を以て回轉しつゝあるに係らず挺子の往復には時間の長短を生じ戻るに要する時間は進むに要する時間よりも短かいのである。斯の如き進むに遲く戻るに早き運動を一般に早歸（ハヤガヘリ）運動と云ふ。何れを進み何れを戻るとするも往路と歸路とに時間の長短ある運動を早歸運動と云ふのである。此「からくり」の多くは「クランク」が働子であるが若し挺子が働子なる時は $N'$ 及び $N''$ の二點に N が一致する時思案點を生ずるものである。

早歸運動は重に製作機類に應用さるゝものである。製作機の普通の構造は刄物に往復運動を與へて品物を削るに、其往路に於てのみ削る作用を具へ、歸路には削る作用なく只刄物を原位置に戻すのみであるから往路には充分なる力を出さしむるため刄物を靜に運動せしむる必要があれど歸路には只刄物を運び返へすのみで充分な力を發する必要なき故に成るべく早く運動せしめて時間の經濟を計り働力の均一を企てねばならぬものである。是れ平削盤及び摺動平削盤等に於て刄物を動かすに早



歸運動の必要なる所以て、第四百七十七圖は「クランク」と溝付挺子の「からくり」の早歸運動を摺動平削盤に應用したる有樣を示す略圖である。Qは働子の齒車で其れに他の齒車Sを嚙み合はせ、此齒車の板面に滑り子Nを固定し之れに溝付挺子Eを仕掛け、

第四百七十七圖




此挺子の外端に水平に動く滑り子Rを取付け、之れに刄物Tを運ばせて品物Wの表面を水平に削らしむるに圖の如く裝置すれば刄物は早歸運動をなすことは明である。滑り子Nを齒車の中心 $O_1$ に近付くれば刄物の動く距離は狹くなり遠ざくれば廣くなるから削らんとする品物の大小に應じ刄物の行程を加減するために、Nを $O_1$ に近付け又は遠ざけ得る樣になれるものである。

例、「クランク」の半徑9吋なる「クランク」と溝付挺

子の「からくり」に於て、歸路に要する時間を往路に要する時間の二分の一ならしめんには中心距離を幾何にせば可なるか。

解、「クランク」が一樣の角速度を以て回轉すれば、往路に要する時間と歸路に要する時間との割合は往路に對する弧の中心角$\gamma$(第四百七十六圖)と歸路に對する弧の中心角$\delta$との割合に等しきものであるから、$\frac{\gamma}{\delta}=\frac{2}{1}$にすれば好いのである。偖て此比例式の左右の兩邊に各々1を加ふれば、

$$\frac{\gamma}{\delta}+1=\frac{2}{1}+1$$

或は　$$\frac{\gamma+\delta}{\delta}=3$$

故に　$$\gamma+\delta=3\delta$$

然るに　$\gamma+\delta=360°$ なる故に、

$$3\delta=360°$$

$$\delta=\frac{360}{3}=120°$$

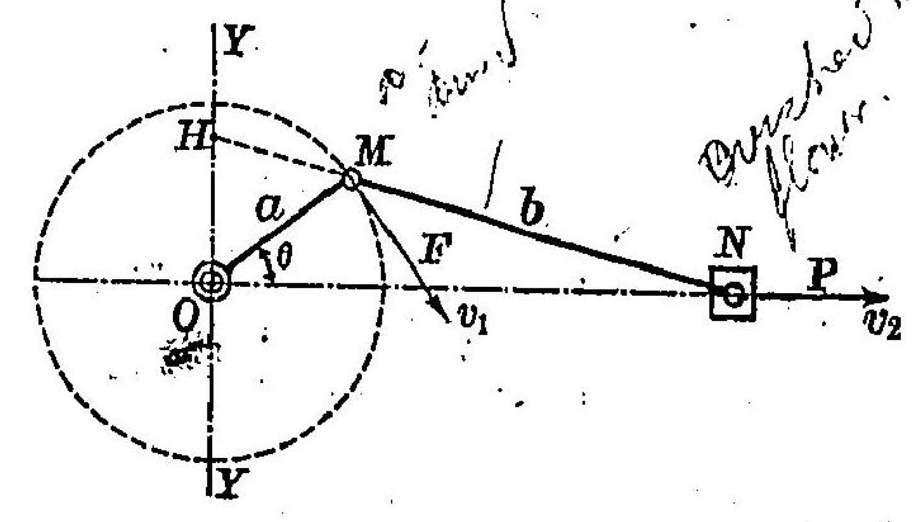
從て　$$角\,N'O_1O_2=\frac{120}{2}=60°$$

故に　$$O_1O_2=\frac{O_1N'}{\cos N'O_1O_2}=\frac{9}{\cos 60°}=\frac{9}{0{\cdot}5}=18吋$$

**232. 「リンク」仕掛けによりて傳へらるゝ力**　第四百七十八圖は蒸汽機關「からくり」である。今假りに「クランク」を働子、十字頭を被働子とし、働子の一端に與ふる力をF、其線速度を$v_1$、被働子に顯はるゝ力をP、其速度を$v_2$とすれば、凡て働力は不滅であるから摩擦等の抵抗なしと假定すれば、働子に與ふる働力は被働子に顯はるゝ仕事に等しい。然るに働子に與ふる働力は$Fv_1$で、被働子に顯はるゝ仕事は$Pv_2$であるから、



第四百七十八圖




$$Fv_1=Pv_2$$

或は　$$F=P\frac{v_2}{v_1}$$

然るに公式(198)に於て

$$\frac{v_2}{v_1}=\frac{OH}{a}$$

故に　$$F=P\times\frac{OH}{a}\qquad\qquad(206)$$

又「クランク」を回轉する「トルク」をTとすれば$T=Fa$であるから、

$$T=P\times OH\qquad\qquad(207)$$

此等の結果は何れが働子何れが被働子たるも敢て差支ない。尚ほ此等の結果が上卷第30節蒸汽機關

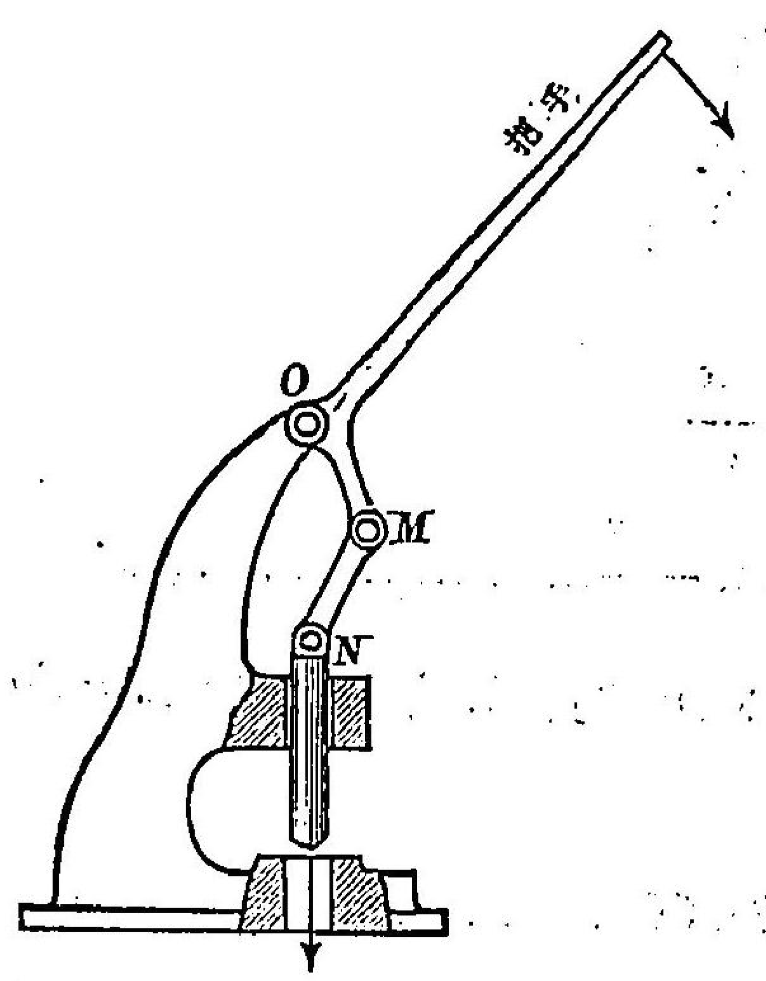
装置に於て得たる結果と如何に善く符合せるかを見ば大に得る所があらう。

公式(206)は或は次の如く書き直ほすことが出來る。

$$P=F\times\frac{a}{OH}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(206a)$$

$a$は「クランク」の半徑で一定の長さであるが、OHは連鋥或は其延長線が導板に直角なる直線YYと交はる點HとOとの距離で、「クランク」の位置につれて時々刻々變化する値で思案點に於ては零となる値である。然るに公式(206a)によりて知らるゝ如く、Fの一定の値に對しOHの小なる程Pは大にしてOHが零なる瞬時にはPは無限大となる。即ち思案點の近傍即ち角$\theta$が非常に小なる時に於ては力Fは左程大ならずとも力Pは甚だ大なるものである故に、此仕掛けは「トッグル、ジョイント」[226節]として應用される。第四百七十九圖に示すは此「トッグル、ジョイント」を應用したる手働打貫機で、其構造及び作用は圖によりて自ら明瞭であらう。

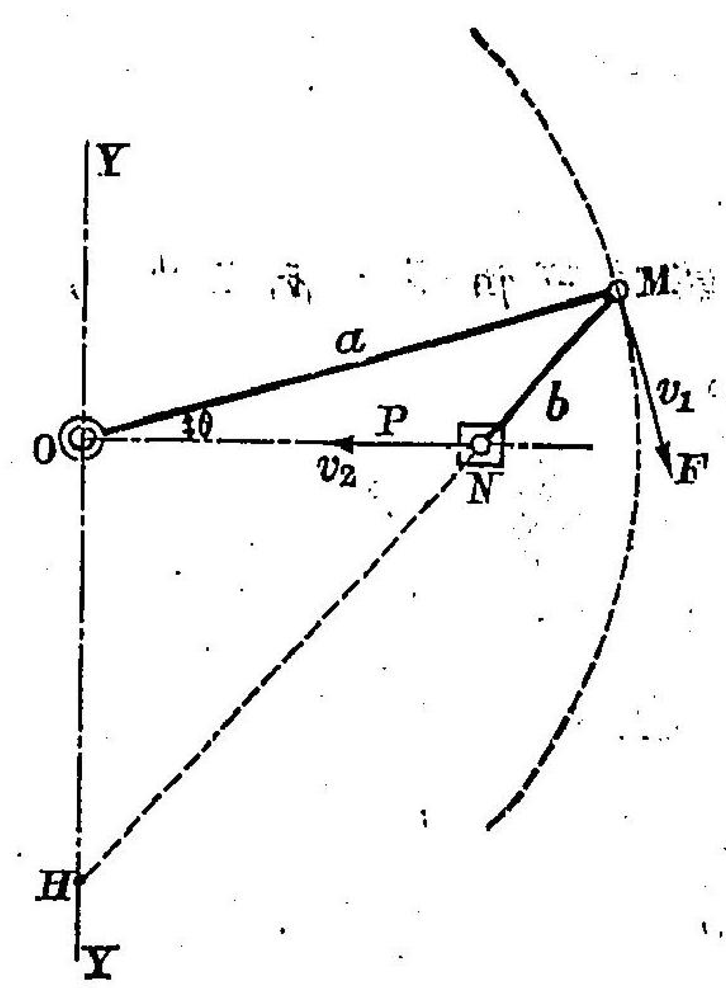
第四百七十九圖






又第四百八十圖に示すは蒸汽機關「からくり」と較や異なる「からくり」であるが同じ種類の「トッグル、ジョイント」である。

第四百八十圖




如何なる場合にも摩擦等の抵抗なしと假定すれば働子に與ふる働力は被働子の現はす仕事に等しきものであるから任意の「からくり」の働子に與ふる力と被働子の現はす力との關係は此原理を應用して求め得らるゝものである。例へば搖動機關「からくり」の場合ならば、「クランク、ピン」に働く力をF, 其線速度を$v_1$「ピストン」に働く力をP, 其速度を$v_2$とすれば(第四百七十四圖參照)

$$Fv_1=Pv_2$$

或は

$$F=P\frac{v_2}{v_1}$$

然るに公式(201)に於て

$$\frac{v_2}{v_1}=\frac{MG}{a}$$

故に　　$F=P\times\dfrac{MG}{a}$ ……………………(208)

例、　$a=b=12$ 吋なる第四百七十八圖に示す「トッグル、ジョイント」に60「ポンド」の力Fを加ふれば、角 $\theta$ が8度なる瞬時に於て十字頭に幾何の力Pを生ずるか。

解、　三角形MONは二等邊三角形であるから

角 $MNO=\theta=8^\circ$

且つ　$ON=2\times a\cos\theta=2\times 12\cos 8^\circ$

$=2\times 12\times 0{\cdot}99=23{\cdot}8''$

故に　$OH=ON\tan MNO=23{\cdot}8\tan 8^\circ$

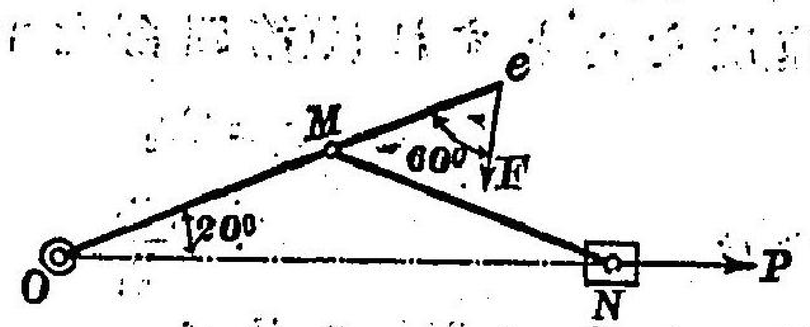
$=23{\cdot}8\times 0{\cdot}141=3{\cdot}36''$

依て　$P=F\times\dfrac{a}{OH}=60\times\dfrac{12}{3{\cdot}36}=214$ポンド

## 第二目　問　題

**1.** 第四百八十一圖に示す如き「トッグル、ジョイント」あり。OM=MN=2呎, Oe=3呎なり。今角eONが20度なる瞬時に挺子の端eにOeに60度の角を

第四百八十一圖

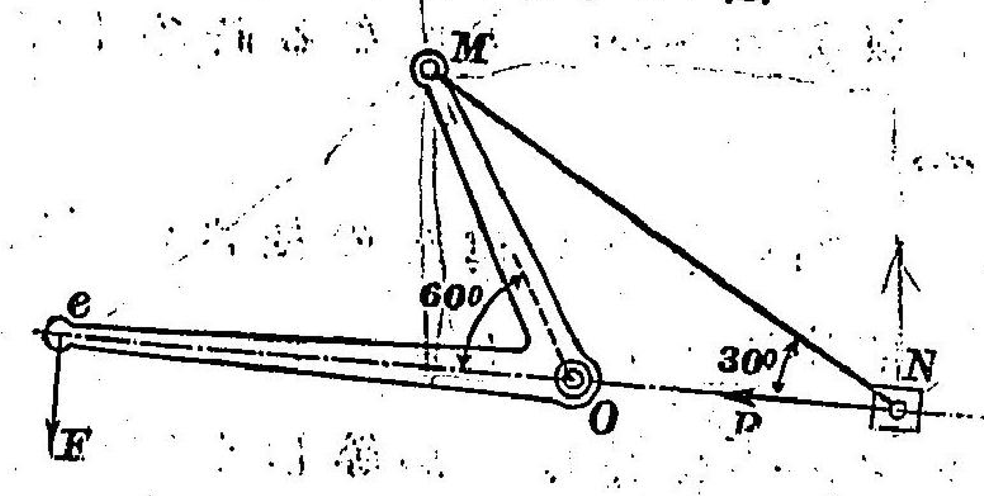





なす方向に100「ポンド」の力Fを加ふる時は、滑り子Nに幾何の力Pを生ずるか。但し摩擦なしと假定すべし。

**2.** 第四百八十二圖に示す如き「トッグル、ジョイント」あり。eO=10吋, OM=5吋, 角eOM=60度なり。今角MNOが30度なる瞬時に挺子の端eにeOに直角なる50「ポンド」の力Fを働かす時は、滑り子Nに幾何の力Pを生ずるか。但し摩擦なしと假定せよ。

第四百八十二圖




**3.** 連鋅の長さ「クランク」の長さの4倍にして「クランク」の長さ10吋なる蒸汽機關「からくり」に於て、「クランク」が内側の思案點より45度及び(180+45)度回轉したる位置に於ける十字頭の位置を問ふ。又「クランク」の回轉速度が150回/分ならば此等の位置に於ける十字頭の速度を求む。

**4.** 連鋅の長さ「クランク」の長さの4倍にして行程24吋の蒸汽機關「からくり」に於て「クランク」の回轉速度毎分160回ならば「クランク」が内側の思案點

より45度及び90度回轉したる位置に於ける十字頭の速度を問ふ。

5. 行程18吋,連鋅の長さ45吋の蒸汽機關「からくり」に於て、「クランク」の內側の思案點よりの角が60度及び(180+60)度なる時の十字頭の位置を問ふ。

6. 前問の場合に連鋅の長さが54吋ならば如何。

7. 問題5の「からくり」に於て十字頭の線速度と「クランク」の線速度とが等しくなる瞬間の「クランク」の角$\theta$(第四百六十八圖)を求む。又「クランク」と連鋅とが直角となる瞬時の線速比を問ふ。

8. 「クランク」と溝付挺子の「からくり」に於て、「クランク」の長さ$1\frac{3}{4}$吋,中心距離$6\frac{1}{4}$吋なる時は往路と歸路とに要する時間の割合を問ふ。

9. 第四百七十四圖に示す搖動機關「からくり」に於て、「ピストン」の行程4呎,ONの距離6呎ならば,O,M,Nの三點が一直線をなす瞬時の「シリンドル」と「クランク」との角速比を求む。

10. 前問の搖動機關「からくり」に於て、「ピストン」が正に其行程の中央に在る瞬時の「ピストン」と「クランク」との線速比を求む。

11. 「クランク」と溝付挺子の「からくり」に於て中心距離6吋,往路と歸路とに要する時間の比$\frac{5}{3}$ならば「クランク」の長さは何吋なるか。



12. 前問の「からくり」に於て,若し「クランク」の長さを前問の二分の一に短縮すれば時間の比は幾何となるか。

13. 第四百七十四圖に示す搖動機關「からくり」に於て,「ピストン」の行程24吋,ONの距離50吋ならば「ピストン」が行程の中央にある瞬時の「クランク」の角$\theta$を求む。

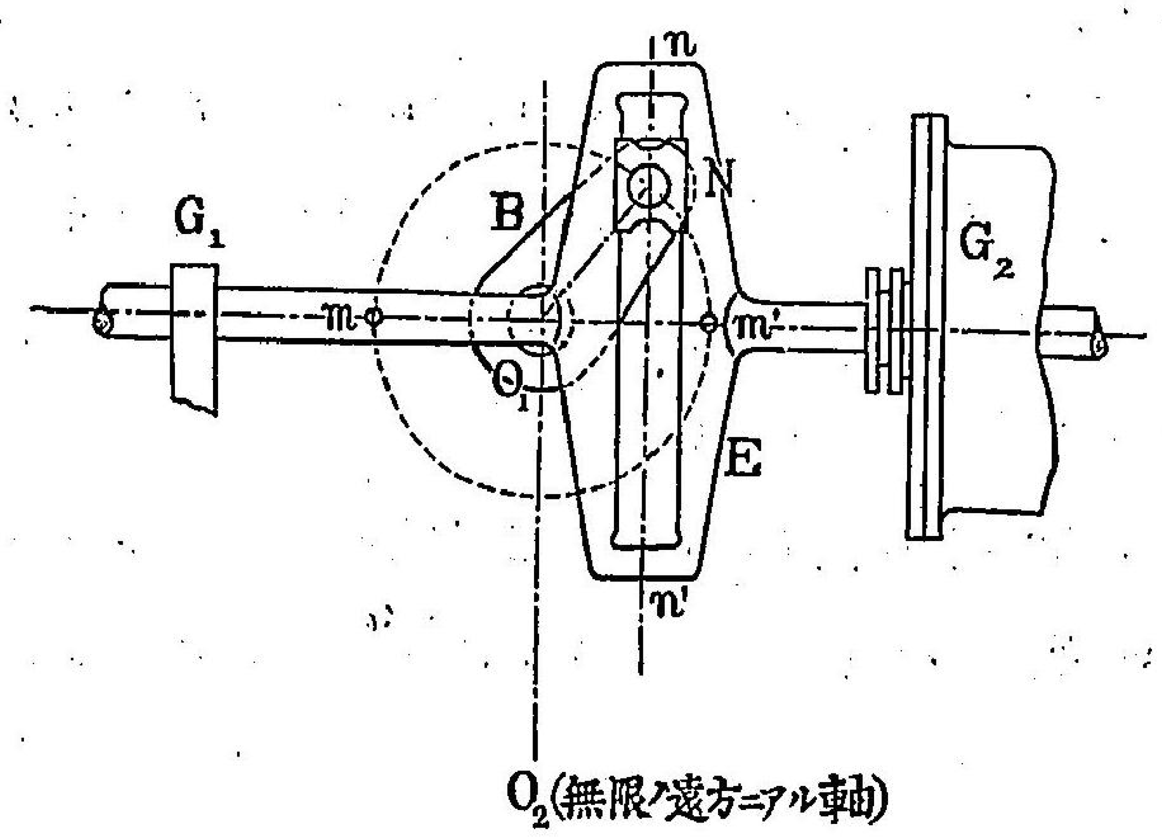
14. 前問の搖動機關「からくり」に於て,「クランク」の角$\theta$が90度なる瞬時の「ピストン」の位置を問ふ。

## 第三目　二個の滑動の對を含む「リンク」仕掛け

**233.** **溝付十字頭**。「クランク」と溝付挺子の「からくり」(第四百七十六圖)に於て中心距離$O_1O_2$が無限大にして軸$O_2$が無限の遠距離にある場合を考ふるに挺子Eが無限の遠距離にある軸$O_2$のまはりに搖動することは中心線$O_1O_2$に平行に往復するのと同じことゝなる。故に斯かる特別の場合には挺子の軸$O_2$を置く代はりに挺子即ち導板を丁字形或は十

字形に造り、第四百八十三圖に示す如く此導板が中心線$O_1O_2$に平行に運動し得る樣に二つの導板$G_1$及び$G_2$(圖に示す$G_2$は「ポンプ」の「シリンドル」である)を

第四百八十三圖

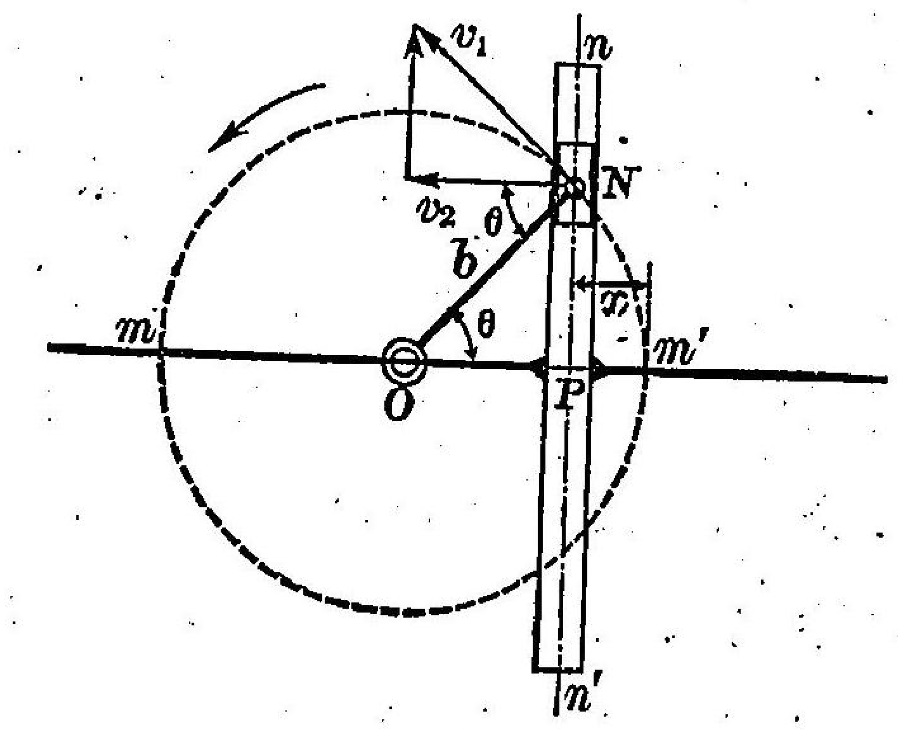



裝置すれば「クランク」Bが$O_1$を軸として回轉する時導板Eは「クランク」の畫く圓の直徑を行程として左右に往復運動をなす理である。卽ち玆に二個の滑動の對を含む新しき「リンク」仕掛けを得た譯で、之れを**溝付十字頭の「からくり」**と名付け、斯の如き構造の導板Eを**溝付十字頭**と云ふ。此「からくり」は重に「ポンプ」に應用せらるゝものである。又此「からくり」は導板が働子なる時、「クランク」が$O_1m$及び$O_1m'$の位置に於て思案點を生ずるものである。



偖て此「からくり」に於て「クランク」の位置と溝付十字頭の位置との關係を求めやう。第四百八十四圖に於てOを「クランク」軸、$b$を「クランク」の長さとし、「クランク」が思案點O $m'$の位置より角$\theta$を回轉したる時の十字頭の位置をPとし、$m'P$の距離を$x$とすれば、

第四百八十四圖




$$x = Om' - OP$$
$$= b - b\cos\theta$$
$$= b(1-\cos\theta)$$

是れ所要の關係で、P點の運動は恰も滑り子Nの運動を$mm'$線上に射影したるもので、斯かるP點の運動を**單弦運動**と云ふのである。

次に速度の關係を求めんに、「クランク」の線速度を$v_1$とし之れを十字頭に直角及び平行の二方向に分解すれば、平行分速度は滑り子Nと十字頭とが滑る速度を示し、直角分速度は十字頭の運動する速度$v_2$と等しかるべき筈であるから、

$$v_2 = v_1\cos(90^\circ - \theta) = v_1\sin\theta$$

故に
$$\frac{\text{十字頭の線速度}}{\text{「クランク」の線速度}} = \frac{v_2}{v_1} = \sin\theta = \frac{NP}{b} \cdots\cdots(209)$$

或は「クランク」の角速度をωとすれば $v_1=\omega b$ であるから、上式より

$$\frac{v_2}{\omega b}=\frac{NP}{b}$$

故に $$\frac{\text{十字頭の線速度}}{\text{「クランク」の角速度}}=\frac{v_2}{\omega}=NP \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(210)$$

即ち「クランク」の速度一様なる時は十字頭の線速度はNPに正比例する。依て思案點に於てはNPは零なる故に、十字頭は此位置に於て一時運動を停止し更に反對の向きに運動を始め、斯くして $mm'$ の間に往復運動をなすのである。又「クランク」が $mm'$ に直角の位置、即ち行程の中央に於てはNPは最大となる故に、此時十字頭の線速度は最大である。

例、行程10吋なる溝付十字頭の「からくり」に於て $\theta$ が140度なる瞬時の十字頭の位置と速比とを求む。

解、行程10吋なる溝付十字頭の「クランク」の長さは $\frac{10}{2}=5$ 吋である。故に

$$x=b(1-\cos\theta)=5(1-\cos 140°)=5(1+0{\cdot}776)$$
$$=8{\cdot}82^{吋}$$

又 $NP=b\sin\theta=5\times\sin 140°=5\times 0{\cdot}643=3{\cdot}21^{吋}$

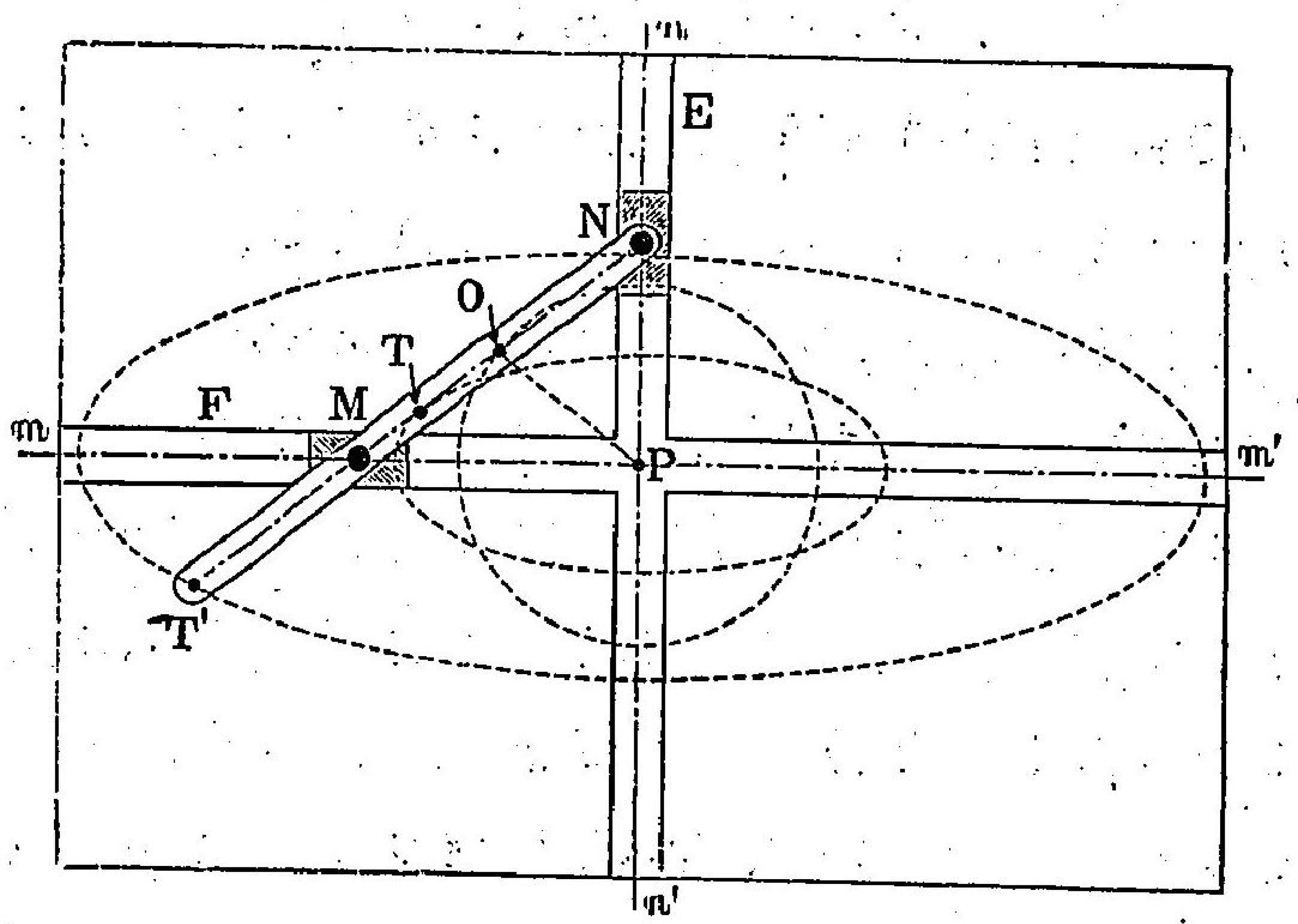
故に $$\frac{\text{十字頭 線速度}}{\text{「クランク」の線速度}}=\frac{v_2}{v_1}=\frac{NP}{b}=\frac{3{\cdot}21}{5}$$
$$=0{\cdot}643$$



$$\frac{\text{十字頭の線速度}}{\text{「クランク」の角速度}}=\frac{v_2}{\omega}=NP=3{\cdot}21$$

**234. 橢圓描畫器** 溝付十字頭の「からくり」(第四百八十三圖)は $O_1O_2$ なる「リンク」を固定したのであるが(但し $O_2$ は無限の遠距離にあり)、必ずしも之れを固定するとのみ限らぬ。上來種々の仕掛けに於て秩序的に述べ來りたる如く、何れの「リンク」仕掛けに於ても其「リンク」の一を交互に固定する時は、夫々異なる「からくり」を得るものである。例へば溝付十字頭の「からくり」に於て、$O_1O_2$ を固定する代はりに無限の遠距離に軸を有する溝付挺子即ち此場合の溝付十字頭を固定すれば滑り子Nが固定の溝 $nn'$ に沿ふて運動すれば今迄「クランク軸たりし $O_1$ は無限の遠距離にある軸 $O_2$ のまはりに搖動することゝなる。然るに無限の遠距離にある軸 $O_2$ のまはりに搖動する $O_1$ の運動は溝 $nn'$ に直角なる直線上の往復運動と同一であるから、第四百八十五圖に示す如く導板Eに直角に他の導板Fを附し、之れに $mm'$ なる溝を $nn'$ に直角に造り、溝付十字頭の「からくり」に於て「クランク」たりし $O_1N$ の兩端にN及びMなる滑り子を仕掛け、Mは溝 $mm'$ に沿ふて、又Nは溝 $nn'$ に沿ふて夫々運動する樣に裝置すれば、茲に新しき「からくり」

四百八十五圖




が得られたのである。

此「からくり」に於ては「リンク」MNが如何なる位置にありとするも、$nn'$と$mm'$との交點PとM及びNとの三點が作る三角形MPNは常に直角三角形である。然るに初等幾何學の定理として吾人の熟知する如く、直角三角形に於ては斜邊MNの中點Oと頂點Pとを結ぶ直線POの長さは斜邊の長さの二分の一に等しきものであるから、

$$PO=OM=ON=\frac{MN}{2}$$

然るにMNは一定の長さの「リンク」であるから其二分の一なるPOも亦一定の長さたるべき理である



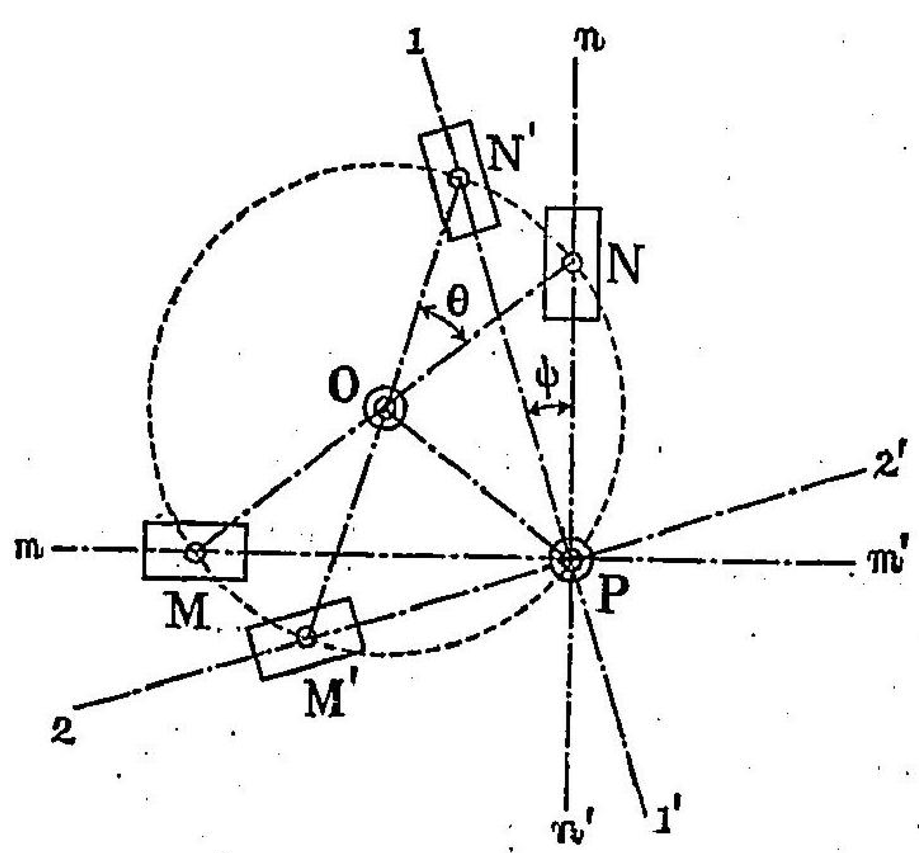
故にO點の軌跡はPを中心としPO即ち$\frac{MN}{2}$を半徑とする圓周である。斯くMNの中點Oの軌跡は圓周であるが、MN或は其延長線上のO以外の點例へばTの如き點の軌跡は理論上Pを中心とし2×NTと2×MTとを大小の二軸とする楕圓となり、T'の如き點の軌跡は同樣に2×NT'と2×MT'とを大小の二軸とする楕圓となるものである。大小の二軸相等しき楕圓は即ち圓であるから、MNの中點Oの軌跡が圓であることは云はずして明であらう。

此「からくり」の「リンク」MN或は其延長線上の任意の點の軌跡は楕圓であるから、T又はT'の如き點に鉛筆を附け導板の面に平行に紙面を置けば此紙面上に楕圓を書き或は鉛筆の代はりに刃物を取付け導板の面に平行に品物を置けば其品物は楕圓形に截ち切られる譯である。斯く此「からくり」は楕圓を書き或は楕圓形に切る作用をなすものであるから**楕圓描畫器の「からくり」**と呼ばれ、楕圓描畫器として又は自働的に品物を楕圓形に切る旋盤の仕掛け等に利用されて居るものである。

235. **溝付「つがり」** 楕圓描畫器の「からくり」(第四百八十五圖)に於ては、MNの位置の如何に係らずPOの距離は一定であるから、POなる「リンク」がある

ものと見ても差支ない。偖て楕圓描書器の「からくり」に於ては直角に交はる導板を固定したのであるが、其代はりに PO なる假想の「リンク」を固定すれば復た新しき「からくり」を得るものである。第四百八十六圖は此新しき「からくり」の原理のみを示す略圖で、「リンク」MN が其中點 O の周はりに回轉すれば十字形の溝を具ふる導板は溝の交點 P の周はりに回轉するのである。例へば MN が M'N' の位置に移れば $nn'mm'$ なる導板は $11'22'$ の位置に移り、斯くして絶えず回轉を續け、P, O の二點に平行の二軸を置けば其間に回轉運動が傳へられるのである。而して其速度の關係は如何と云ふに、圖に示す如く MN が角 $\theta$ を回轉する間に導板は角 $\psi$ を回轉する。然るに $\theta$ は NN' なる圓弧に對する中心角で $\psi$ は同じ圓弧に對する圓周角であるから、$\theta=2\psi$

第四百八十六圖






なることは初等幾何學を學びたるものゝ善く知る所である。而して $\theta=2\psi$ なる關係は角 $\theta$ 及び $\psi$ が如何に小なりとも又は如何に大なりとも常に成り立つ關係である。然るに此等の角を時間を以て除したるものは「リンク」MN 及び導板の回轉する角速度であるから[上卷 4 節]、

$$\text{MN の角速度}=2\times(\text{導板の角速度})$$

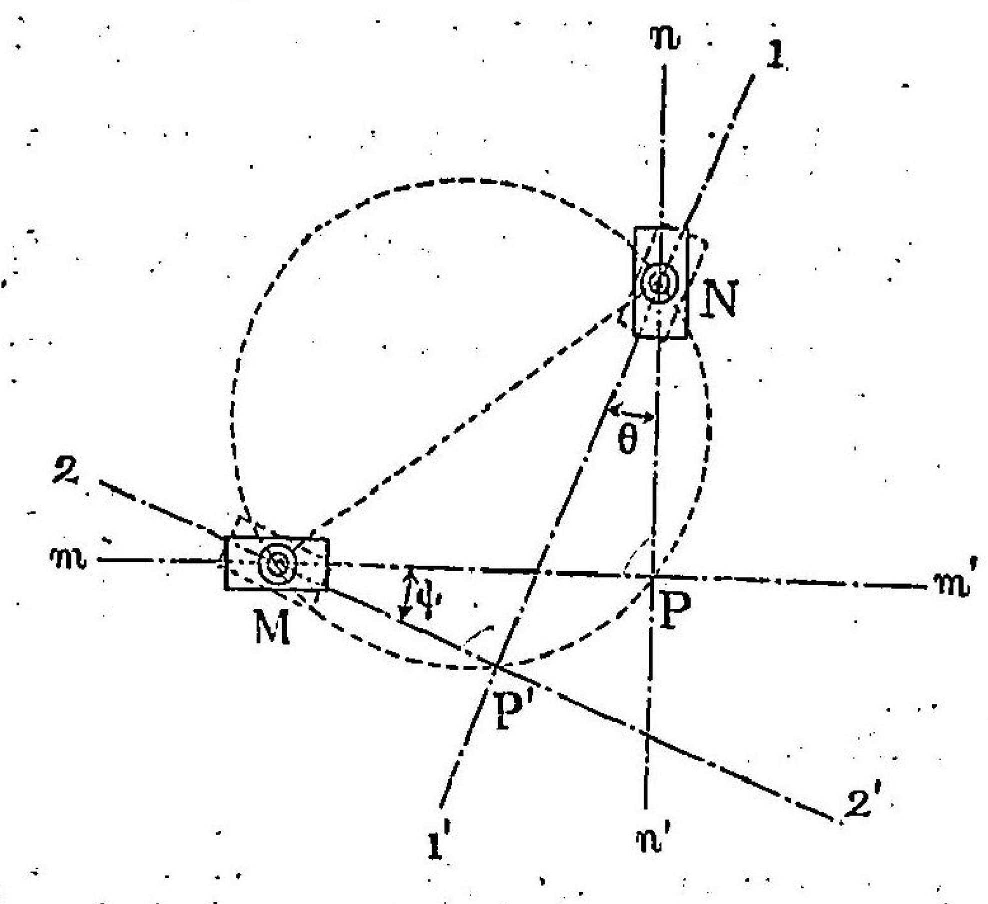
故に

$$\frac{\text{MN の角速度}}{\text{導板の角速度}}=2$$

即ち角速比は一定で其値は 2 である。此「からくり」は中卷第三百二圖に示す齒車の一種と全然同一のものである。學者宜しく研究を重ね、「リンク」仕掛けと齒車とが玆に至りて合致したる學理の眞價を味はゞ、稗益するところ多大であらう。

**236.** **オルダムの「つがり」** 楕圓描書器の「からくり」の導板を固定し或は假想の「リンク」PO (第四百八十五圖)を固定する代はりに、「リンク」MN を固定すれば復た新しき「からくり」を得るものである。第四百八十七圖は此新しき「からくり」の原理のみを示す略圖である。偖て $nn'$ 及び $mm'$ なる二つの溝は常に互に直角の位置を保つものであるから、導板が $nn'mm'$ の位置より $11'22'$ の位置に移れば P は P' の位置に

第四百八十七圖




移り、角 MPN, MP'N 等は皆直角である。然るに幾何學の定理として角 MPN, MP'N 等が常に直角なる如き點P, P'等の軌跡は MN を直徑とする圓周である。夫故一方の溝$nn'$がNのまはりに回轉すれば他方の溝$mm'$はMのまはりに回轉し、MとNとに平行の二軸を置けば其間に回轉運動が傳へ得らるゝのである。其速度の關係は如何と云ふに今Nが角$\theta$を回轉する間にMが角$\psi$を回轉するとせば、$\theta$と$\psi$とは共にPP'なる圓弧に對する圓周角であるから常に$\theta=\psi$である。故に

$$\text{Mの角速度}=\text{Nの角速度}$$

或は
$$\frac{\text{Mの角速度}}{\text{Nの角速度}}=1$$

即ちM及びNは等しき角速度を以て回轉する。

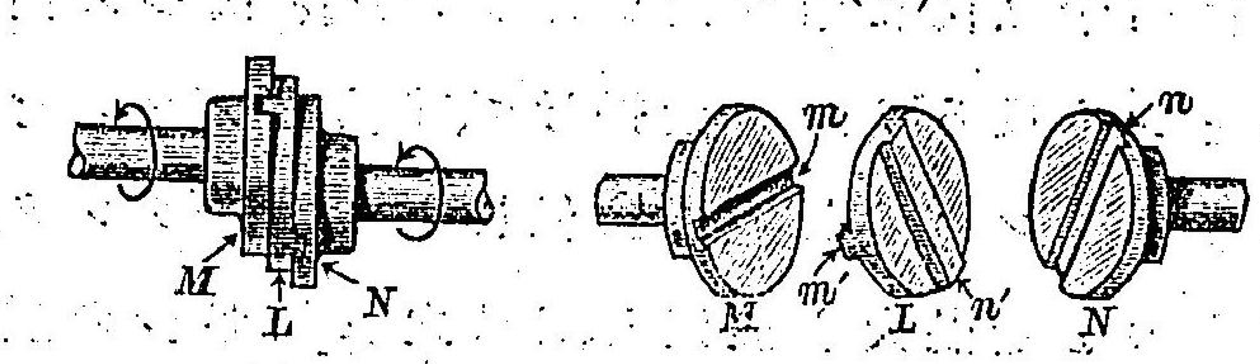
此「からくり」は二軸M, Nの各々にM及びNなる



滑り子を裝し、其等を直角の二つの溝の各々に沿ふて滑る樣に裝置すれば、此等の二軸は等しき回轉速度を以て回轉するものであるから、平行の二軸に回轉運動を傳ふる「つがり」に之れを應用することが出來る。第四百八十八圖のオルダムの「つがり」は即ち

第四百八十八圖

(甲) (乙)




其一つで、(甲)圖は其組立圖、(乙)圖は其分解圖である。此「つがり」は極く僅かの距離或は極く僅かの喰ひ違ひにある平行の二軸に回轉運動を傳へんとする時用ゐらるゝもので、MとNとは二軸に固定したる圓板、其れに夫々$m$及び$n$なる溝が具へられてある。LはMとNとの中間に挿入する他の圓板で、此れには$m'$及び$n'$なる二つの突起が互に直角に且つ圓板の表と裏とに具へられ、此等の三つの圓板を重ね合はす時$m'$なる突起は$m$なる溝に嵌まり、$n'$なる突起は$n$なる溝に嵌まる樣にすれば、$m$と$n$とは導板となり$m'$と$n'$とは滑り子となり、$m$なる溝を具ふる圓

板Mを回轉すれば絕えず直角の位置を保つ$m'$及び$n'$なる二つの滑り子の作用によりて$n$なる滯を具ふる圓板Nは回轉せられ、斯くして二軸は等しき回轉速度を以て回轉することと上述の理論に照して明てある。

**237.** 以上諸種の「からくり」に就いて較や精細に述べ來りたるが、此等諸多の「からくり」の根元は實に第四百四十九圖に示す四つの「リンク」と四つの回轉の對とより成る「リンク」仕掛けて、其或る「リンク」を固定し或は「リンク」の長短の關係により、或は「リンク」の或るものを無限大と假定し、又は之れに多少の變形を與ふる等によりて、斯く種々の異なる「からくり」を得たのであることとは學者の腦に尙ほ新なることてあらう。「リンク」仕掛けの應用は機械構造上甚だ必要なもので、以上述べ來りたる「からくり」は皆極めて重要なるものてある。然し此等は「リンク」仕掛けより成る「からくり」の只一斑のみを示したものてあつて、一の「からくり」より如何にせば新なる他の「からくり」を得るかの順序と方法とを敎へたに過ぎぬものてあるから、此等を更に工夫し考案すれば世に珍らしき新奇の「からくり」の得らるべきは疑なきことてある。



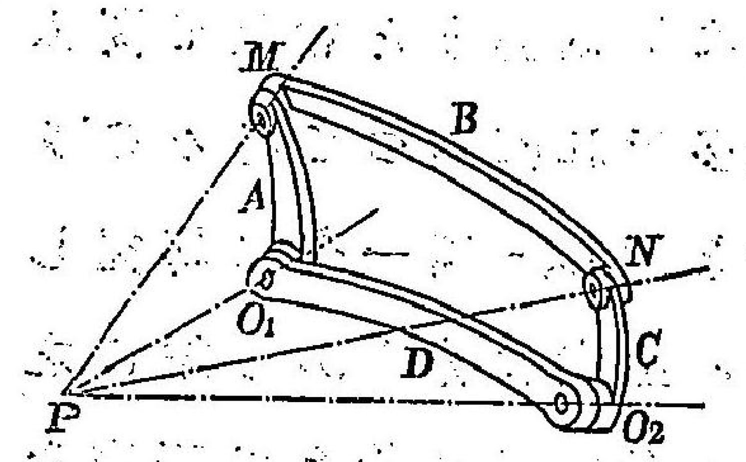
「リンク」仕掛けの根元は必ずしも第四百四十九圖に示す如き四つの「リンク」と四つの回轉の對とより成るものとのみ限らぬもので、一定の運動をなし得るものならば「リンク」の數は何個ありとも敢て問ふ所てはないが、「リンク」の數多ければ隨つて各々の「リンク」は甚だ複雜なる運動を起し、一朝一夕に講究し盡し難きものとなり、本書の主意に背くから茲に之れを止め、以下特種の「リンク」仕掛けに就きて硏究を續くることにしやう。

## 第四目　球面「リンク」仕掛け

**238. 球面「リンク」仕掛け**　通常の「リンク」仕掛けは以上述べ來りたる如く「リンク」と「リンク」とを結合する目釘の軸が總て平行てあるから、各々の「リンク」は皆同一平面上に於て運動を起すものてある。例へば目釘の軸が紙面に直角であるとすれば、「リンク」仕掛けは紙面に平行なる平面上に於て運動するものてある。然し茲に特別なる一の「リンク」仕掛けがある。其れは目釘の軸が平行ならずして悉く或る一點に會合し、各々の「リンク」は此會合點を中心とする球面上に運動する如き「リンク」仕掛けてある。第

第四百八十九圖は斯の如き「リンク」仕掛けを示したもので、A, B, C, Dなる四つの「リンク」を結合する目釘$O_1$, M, N, $O_2$の軸の延長線は總て一點Pに會合し、A, B, C, Dなる「リンク」は總て會合點Pを中心とする球面上にあるのである。依て此如き「リンク」仕掛けを**球面「リンク」仕掛け**と云ひ之れに對して通常の「リンク」仕掛をけ**平面「リンク」仕掛け**と名付く。

第四百八十九圖




平面「リンク」仕掛けは目釘の軸が總て平行てあるが故に平行なる二軸に回轉運動或は搖動を傳へることが出來ると同じく球面「リンク」仕掛けは目釘の軸が總て一點Pに會合するが故にPにて交はる二軸に回轉運動或は搖動を傳へ得べきことは論なくして明白なることてある。故に此「リンク」仕掛けを應用すれば相交はる二軸に回轉運動を傳へ得る「からくり」が得られるのである。

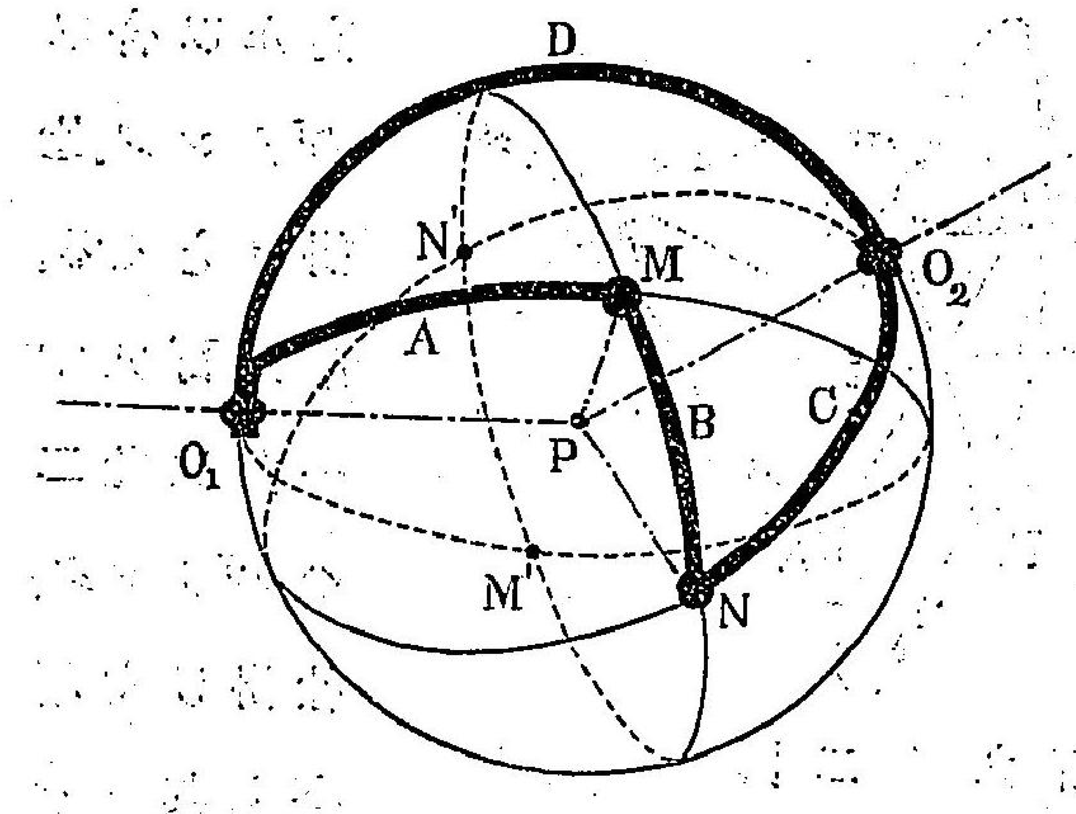
**239. フックの接手**(ツギテ) 球面「リンク」仕掛けを應用して傾ける二軸に回轉運動を傳ふるフックの接手と名付くる甚だ有名なる且つ貴重なる接手がある。



今其作用と構造とを述べやう。

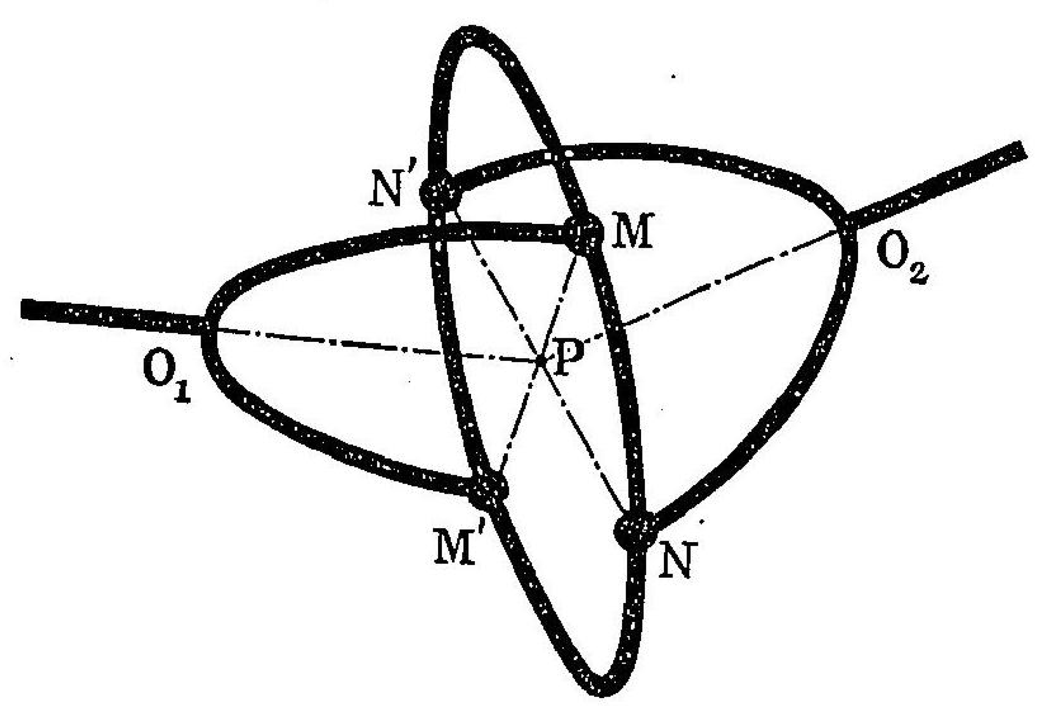
第四百九十圖は球面「リンク」仕掛けの「リンク」が球面に對する關係を示したもので、A, B, C, Dは四つの「リンク」、$O_1$, M, N, $O_2$は各々の「リンク」の結び目てある。但し此等の結び目にある目釘の軸が悉く球の中心Pに會合するためには、各々の「リンク」は此球の大圓の圓周の一部でなければならぬ。又此「リンク」仕掛けに於ても或る一の「リンク」を固定して始めて「からくり」となる[中卷136節]のであるから例へば「リンク」Dを固定し、$O_1$及び$O_2$にPにて交はる二つの軸を取付くれば其等の間に回轉運動が傳へられるのである。$O_1$及び$O_2$なる軸を固定すれば「リンク」Dを固定したのと結果に於て同一てあるから、「リンク」Dは之れを省略しても差支なきこと明てある。然る時は$O_1$及び$O_2$の固定したる$O_1MNO_2$なる「リンク」仕掛けとなる。

第四百九十圖

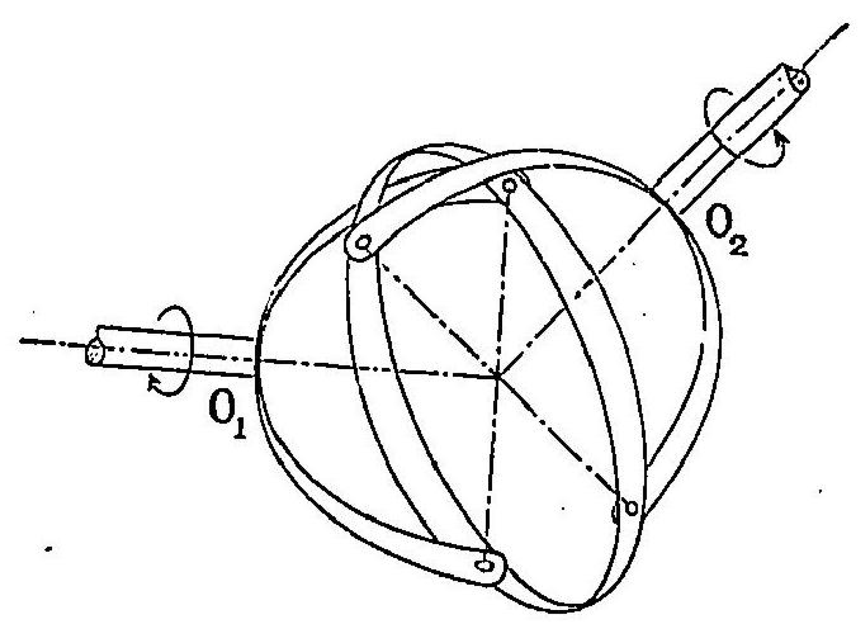


偖て第四百九十圖に於て $O_1M$, MN 及び $NO_2$ なる三つの「リンク」を含む大圓が球の裏面に於て夫々交はる點を M′ 及び N′ とし、$O_1M'$, $M'N'$ 及び $N'O_2$ を三つの「リンク」とする球面「リンク」仕掛け $O_1M'N'O_2$ を造る時は、此れと $O_1MNO_2$ なる「リンク」仕掛けとは全く相等しき然も向かひ合ひの「リンク」仕掛けとなる。第四百九十一圖は此二つの「リンク」仕掛けを聯合し其れを球と離して見たる圖である。此聯合「からくり」に於て各々の「リンク」の長さを大圓の圓周の四分の一とすれば $MO_1M'$ の平面と $NO_2N'$ の平面とは直角となり、從て直線 MPM′

第四百九十一圖




第四百九十二圖

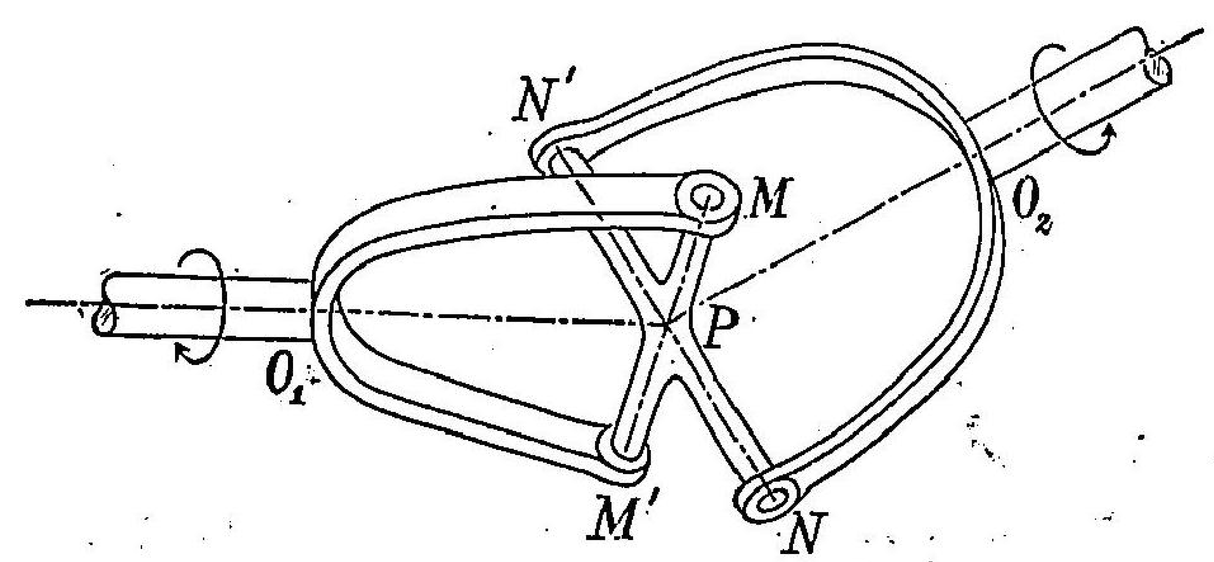




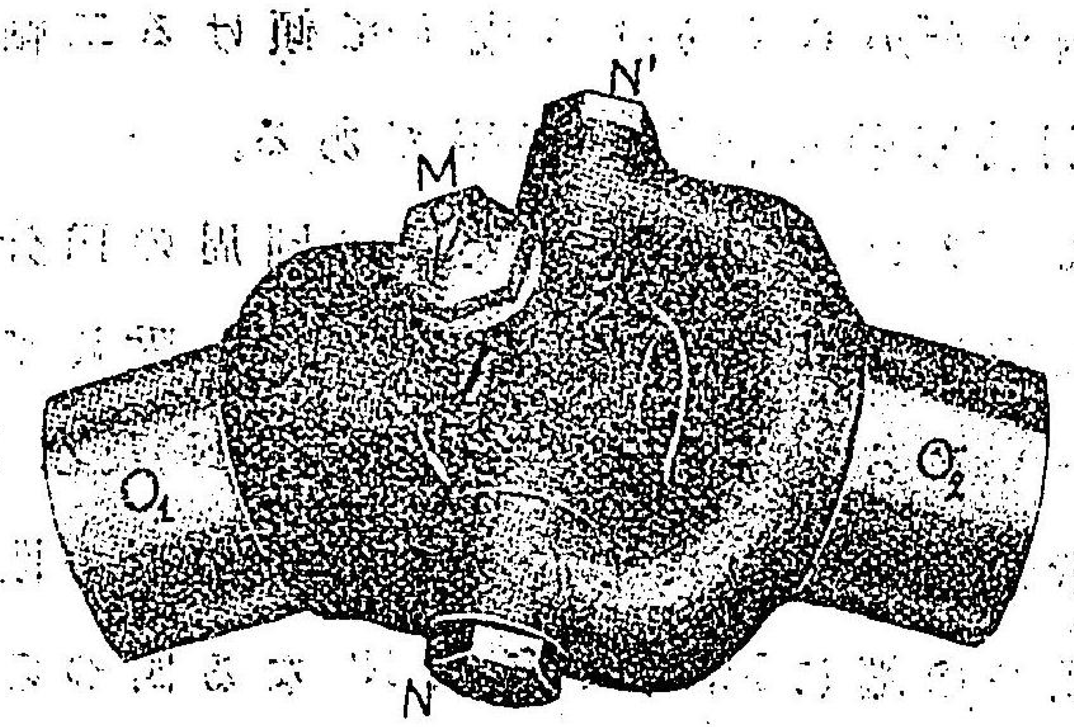

と直線 NPN′ とは直角となる。第四百九十二圖に示すは斯かる「からくり」より成りて傾ける二軸 $O_1$ 及び $O_2$ に回轉運動を傳ふる接手である。

總ての「リンク」の長さを大圓の圓周の四分の一とすれば直線 MM′ と直線 NN′ とは P 點にて直交することゝなるから、二つの「リンク」MN 及び M′N′ を置く代はりに P 點にて直交する十字形の剛體を置き、其四つの端に M, N, M′ 及び N′ なる四つの目釘を附し、之れに $MO_1M'$ 及び $NO_2N'$ なる「リンク」を取付けて第四百九十三圖或は第四百九十四圖に示す如き構造にしても、又は十字形の剛體の代はりに立方形の剛體を中央に置き、其れに四つの目釘を十字形たらしむる様に打ち付け、而して其れに「リンク」を取付けて第四百九十五圖に示す如き構造にしても「からくり」に變化なきことは明白で、此等が即ちフックの

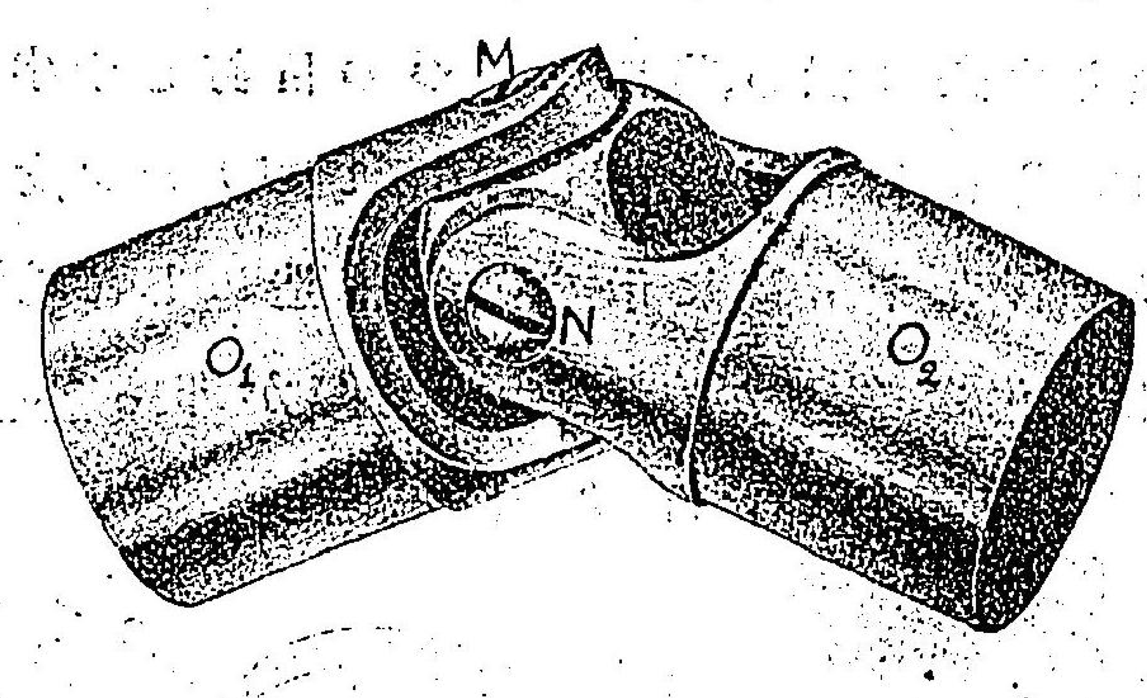
第四百九十三圖



第四百九十四圖




第四百九十五圖




接手である。フックの接手は二軸が直角以下の如何なる角に交はるも回轉運動を傳へ得るものて斯かる接手を總稱して一般接手と云ふ。

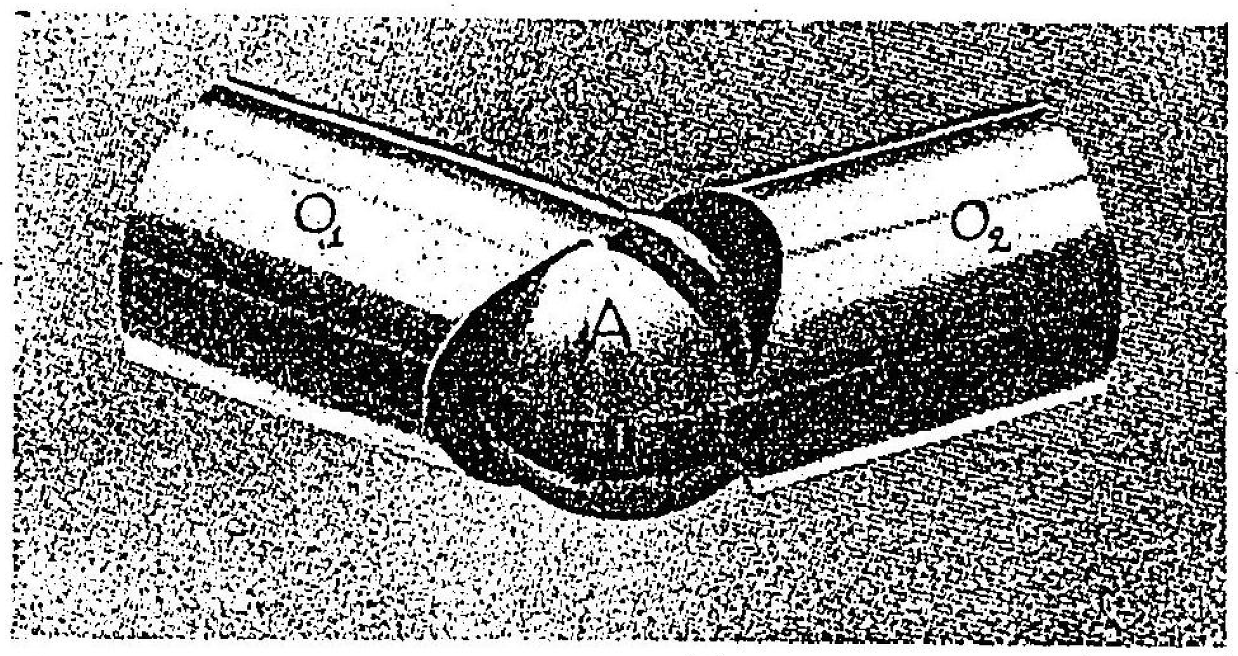
フックの接手によりて結び付けらるゝ二つの回轉



軸の速比は一定てなく、理論上其角速比は $\cos\alpha$ と $\frac{1}{\cos\alpha}$ との間に變化するものてある。但し $\alpha$ は二軸の傾きの角て二軸一直線なる時は $\alpha$ は零度てある。$\alpha=0$ 度なる時は $\cos\alpha$ も $\frac{1}{\cos\alpha}$ も共に 1 となるから、斯かる特別な場合に限り角速比は一定てある。然し二軸が一直線をなす場合ならば殊更にフックの接手を用ゐる必要なく、從て角速比が1となることは無論の筈てある。又二軸の傾きが大ならば $\alpha$ は大となり速比の變化は從て大となり、働力の不調を來すこと烈しくなる。故に働力の整一を望まば二軸の傾きを餘り大ならしめてはならぬ。若し $\alpha=90$ 度なる時は $\cos\alpha$ は零となり $\frac{1}{\cos\alpha}$ は無限大となる。是れフックの接手は直交する二軸に回轉運動の傳へ難きを示す。

一の平面「リンク」仕掛けより種々の「からくり」が誘導せらるゝ如く、球面「リンク」仕掛けも亦種々に工夫し考案する時は諸種の「からくり」が得られるものてある。第四百九十六圖に示す接手は球Aの表面に二つの互に直角なる大圓の圓周に沿ひて溝を造り、其の各々の溝に軸 $O_1$ 及び $O_2$ の尖端が滑る様に裝置したるもので、明にフックの接手の一變態であつて、オルダムの「つがり」(第四百八十八圖)を球面「リン

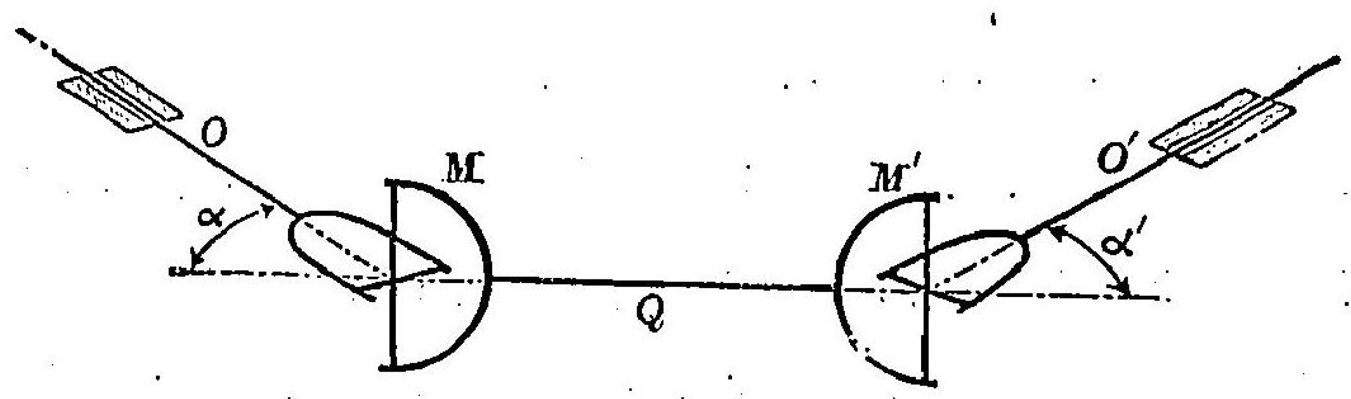
第四百九十六圖




ク」仕掛けに適用すれば得らるゝものである。此接手を以て傾ける二軸に回轉運動を傳ふる速比の關係は、フックの接手に於けると異なることなきは明白であらう。學者宜しく研究すべし。

**240. 二重フックの接手** フックの接手は前節に述べたる如く速比一定ならざるものであるが、同一の接手を二個適當に幷用すれば速比を一定にすることが出來る。例へば第四百九十七圖に於て傾

第四百九十七圖




ける二軸O及びO'に速比一定なる回轉運動を傳へ



んとするに、唯一個のフックの接手を以ては其の目的を達することは出來ぬが此等の二軸の中間に他の軸Qを置き、QとO及びO'とを連結するにM及びM'なる二つのフックの接手を用ゐ、此等が丁度背合はせの位置、所謂對照の位置にある樣に取付け、更に傾きの角$\alpha$と$\alpha'$とが等しき樣に裝置すれば速比の變化が互に反對となり、兩々相助けてO及びO'の二軸に現はるゝ速比は一定の値1となるものである。斯く二個のフックの接手を聯合して速比一定なる回轉運動を得る此仕掛けを二重フックの接手と云ふ。

## 第五目 直線運動と「パントグラフ」

**241. 直線運動** 働子を動かせば被働子の或る點が空間中に直線を書く如き「からくり」を必要とする場合が機械構造上に屢々起るものである。書點(鉛筆或は針の如きを裝し空間中或は紙面上に圖を書かしむる點)を附したる滑り子を直線形の導板に裝して此れを動かせば其書點は空間中に直線を書くこと無論であるが、斯かる構造に據らず書點と導板とは無關係で、然も其書點が空間中に直線を書く

如き「からくり」がある。斯かる特種の技能を具ふる「からくり」を直線運動と云ふのである。直線運動には純直線運動と近似直線運動との二種がある。前者は畫點の運動する路が正確な直線なるもの、後者は正確な直線ではないが其一部分のみを取れば直線に極めて近き曲線を畫くものを云ふのである。

直線運動には種々あるが皆「リンク」仕掛けて、回轉の對のみより成るものと滑動の對を含むものとの二種類ある。滑動の對を含むものは勢ひ摩擦の抵抗多くして之れを動かすに大なる力を要し、運動滑かならぬ不便があるために、直線運動として尊重されて居るものは回轉の對のみより成るものである。又餘り數多き「リンク」を用ゐたるものも摩擦の抵抗從て大となるが上に構造複雜となるものであるから、成るべく「リンク」の數は少なく且つ滑動の對を含まぬ如き直線運動は最も重要なもので、假令正確なる直線は畫かぬにもせよ此二條件を滿足するものを以て最良の直線運動とするのである。實際純直線運動を得んとすれば滑動の對を含ましむるか又は數多き「リンク」を用ゐねばならぬもので、不幸にも滑動の對を含ましめず「リンク」の數を少なくせんとすれば、其れを近似直線運動にせねばならぬもので



ある。然し吾人は純直線運動を望むがために摩擦多く構造複雜なる仕掛けにするよりも、摩擦少なく構造簡單なるを欲するが故に寧ろ近似直線運動の多くが廣く利用されて居るのである。

以下節を追ふて最も有名なる二三の直線運動に就いて詳細を述べやう。

**242. ボースリエの直線運動** 此直線運動は第四百九十八圖に示す如く八個の「リンク」より成り、其内$O_1O_2$なる「リンク」を固定したもので、且つ各々の「リンク」は次の割合に成れるものである。

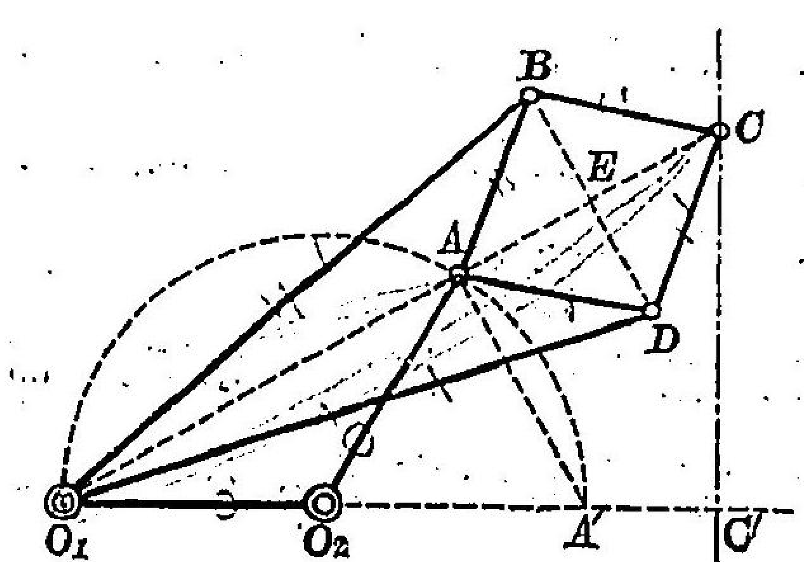
$$AB=BC=CD=DA$$

$$O_1B=O_1D$$

及び
$$O_1O_2=O_2A$$

故に四邊形ABCDは菱形で、Aは$O_2$を中心とし$O_2O_1$を半徑とする圓周に沿ふて動くのである。偖て四邊形ABCDは菱形であるから二つの對角線AC, BDは中點Eに於て互に直角に交はる。又二つの三角形ABD, $O_1$BDは共に二等邊三角形でAE及

第四百九十八圖



び$O_1E$は其等の高さであるから、幾何學上$O_1$, $A$, $C$の三點は一直線上にある點である。依て今$O_1A \times O_1C$なる乘積の値を考ふるに

$$O_1A \times O_1C = (O_1E - EA)(O_1E + EC)$$

$EC = EA$なる故に

$$O_1A \times O_1C = (O_1E - EA)(O_1E + EA)$$
$$= O_1E^2 - EA^2$$

然るに　$O_1E^2 = O_1B^2 - EB^2$; $EA^2 = AB^2 - EB^2$

故に　$O_1A \times O_1C = O_1B^2 - EB^2 - AB^2 + EB^2$
$$= O_1B^2 - AB^2$$

然るに$O_1B$と$AB$とは共に「リンク」の長さで與へられたる「リンク」仕掛けに於ては一定の長さである故に、

$$O_1A \times O_1C = 一定數$$

即ち此「リンク」仕掛けの如何なる位置に於ても$O_1A \times O_1C$は一定數である。依て今特別な場合として$A$點が$O_1O_2$の延長線上$A'$の位置に來りたる時を考ふるに、三點$O_1$, $A$, $C$は常に一直線をなすのであるから此時$C$點は$O_1O_2$の延長線上$C'$の位置に來る。而して此位置に於ても$O_1A \times O_1C$は一定數たるべきものであるから、

$$O_1A \times O_1C = O_1A' \times O_1C' = 一定數$$



此れより　$\dfrac{O_1A}{O_1A'} = \dfrac{O_1C'}{O_1C}$

此比例式は二つの三角形$O_1AA'$及び$O_1C'C$が相似形なることを示すものである。故に

角 $O_1AA'$ = 角 $O_1C'C$

然るに　角 $O_1AA'$ = 直角

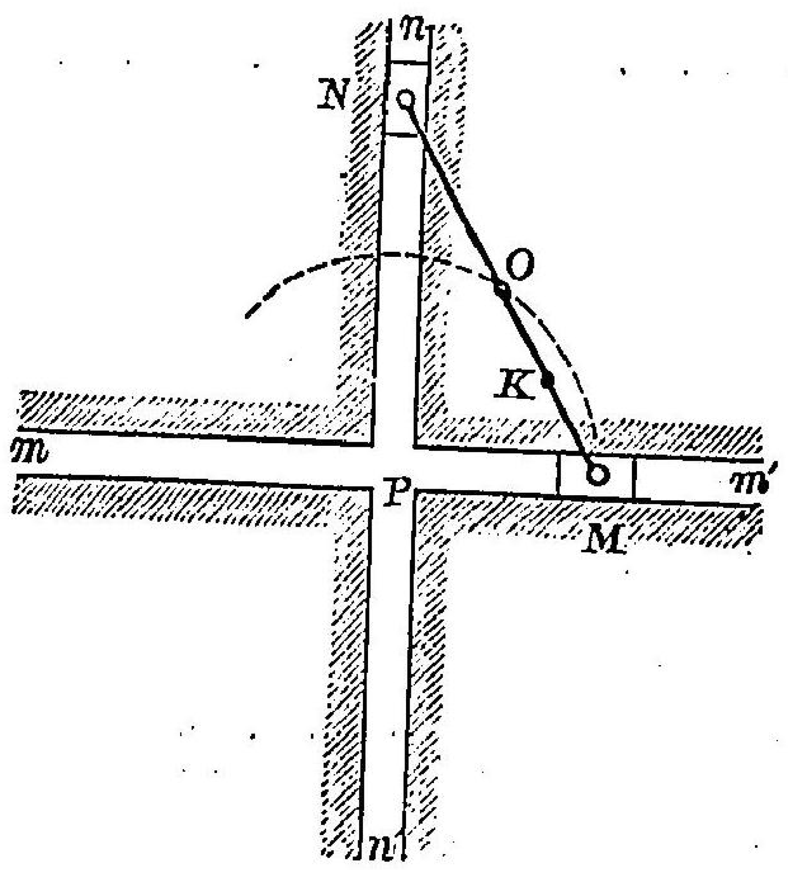
故に　角 $O_1C'C$ = 直角

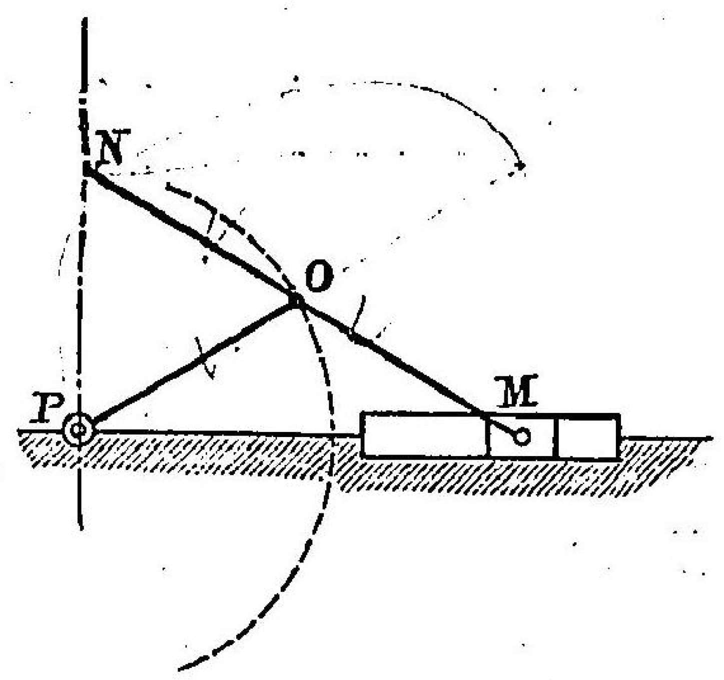
又$O_1A' \times O_1C' = 一定數$、然るに$O_1A' = 2 \times O_1O_2$であるが、$O_1O_2$は一定の中心距離であるから其二倍なる$O_1A'$は一定數である。$O_1A'$が一定數ならば$O_1C'$も亦一定數となる故に、點$C'$は一定點である。

以上の論理を綜合するに、此「リンク」仕掛けが如何なる位置を取るも點$C$より中心線$O_1O_2$又は其延長線上に下したる垂直線は常に一定點$C'$を通る。換言すれば$C$點の軌跡は直線$CC'$である。夫故$C$點を畫點とすれば空間中に$CC'$なる直線を畫くのである。依て此「からくり」は純直線運動であるが、餘りに「リンク」の數多き故に實用さるゝことは稀である。

**243. スコット-ラッセルの直線運動**　第四百九十九圖に示す如く直交する二つの溝$mm'$及び$nn'$の各々に$M$及び$N$なる滑り子を置き、之れを「リンク」$MN$にて連結すれば$MN$の中點$O$は溝の交點$P$を

第四百九十九圖　　第五百圖



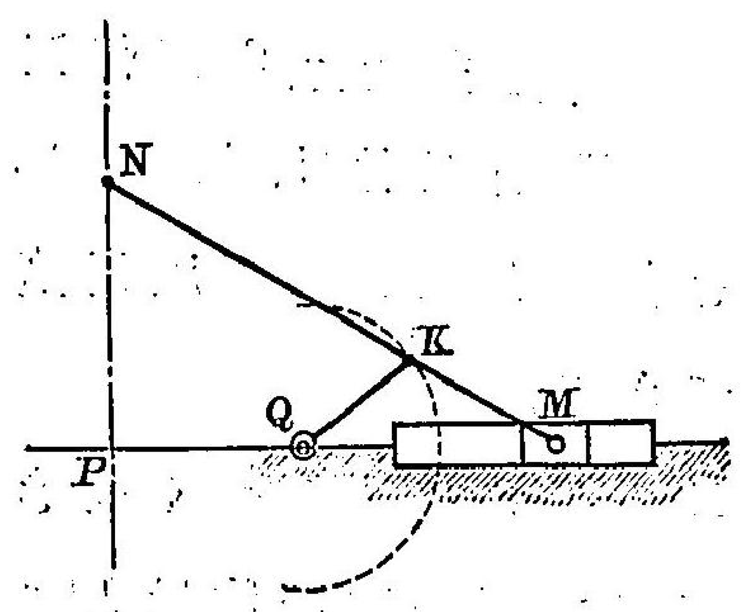

中心とする圓を畫くことは、既に第234節に詳述したのである。夫故此「からくり」に變形を加へPOなる「リンク」を置き、其代はりに $nn'$ なる溝を廢し第五百圖に示す如く裝置すれば、點Nは $mm'$ なる溝に直角なる直線NPを畫くことは明である。之れをスコット-ラッセルの直線運動と名付け純直線運動であるが、滑動の對を含む故に實用せらるゝことは稀である。

**244. グラスホッパーの直線運動**　第四百九十九圖の「からくり」に於て、「リンク」MNの中點O以外の點例へばKの如き點は空間中に2×NKと2×MKとを大小の二軸とする楕圓を畫く[234節]ものである



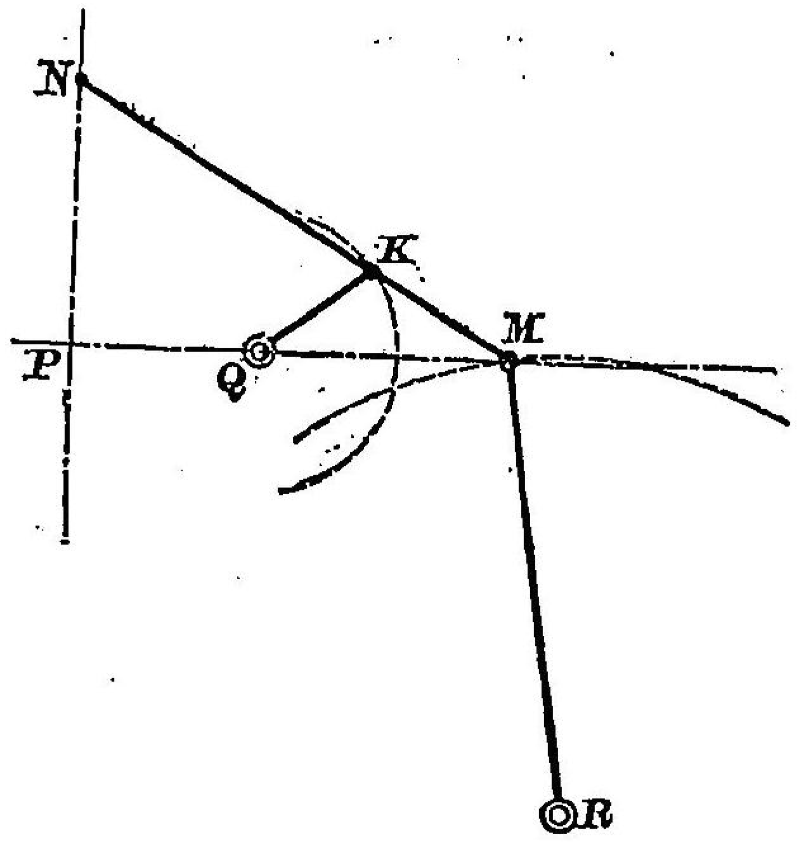
から、スコット-ラッセルの直線運動に於ける如く $nn'$ なる溝を廢し、其代はりにK點の畫く楕圓に等しき楕圓形の溝を造り、Kに滑り子を附して此溝に沿ふて動く樣に裝置すれば點Nは直線NPを畫くことは明てあるが、楕圓形の溝を造るは至難てあるからK點を楕圓に沿ふて動かす代はりに其楕圓に近似の圓弧に沿ふて動く樣に裝置すれば、角NMPが

第五百一圖




餘り大ならざる限りはN點はNPなる直線に近似の曲線を畫く譯てある。第五百一圖は斯の如き仕掛けを示したもので、K點にQを中心として搖動する「リンク」QKを附せば、KはQを中心とする圓弧上を運動し爰に一の近似直線運動を得たのであるが、滑動の對を含む故に實用には適せぬ。そこで此滑動の對を除去するため第五百二圖に示す如くMRなる他の「リンク」を置きて導板を廢し、MがRを中心として動く樣にすればMは直線形の溝に沿ふて動く代はりにRを中心としRMを半徑とする圓弧に沿ふて動くことゝなるが、N點がNPなる直線に近似の曲

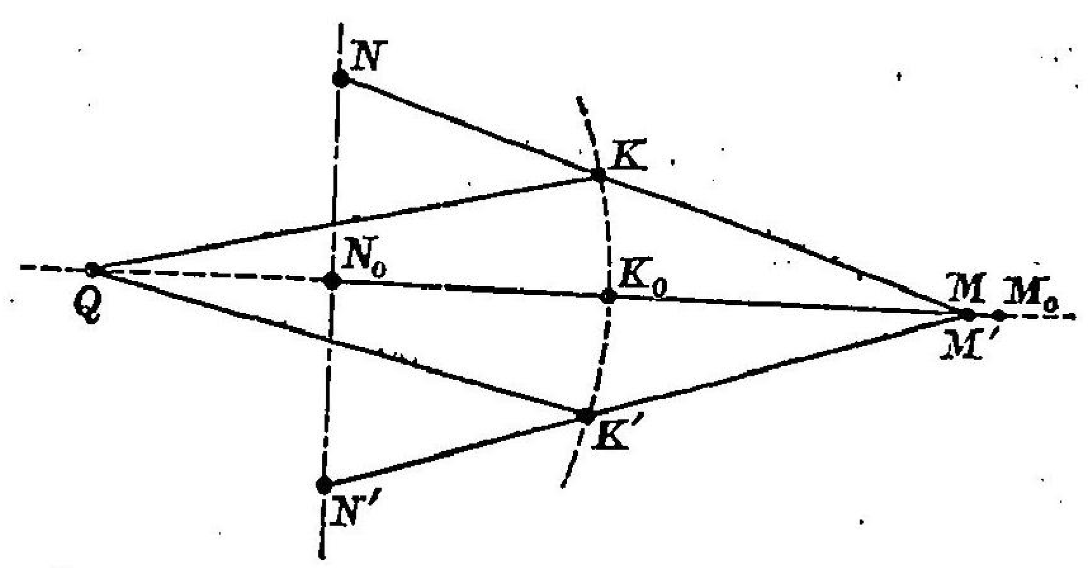
第五百二圖




線を畫くことに就いては「リンク」RMを充分長くすれば滑動の對を含む場合と大なる差はなき筈である。即ち爰に滑動の對を含まぬ近似直線運動を得た譯で之れをグラスホッパーの直線運動と名付け、「リンク」の數少なく然も滑動の對を含まぬ故に甚だ應用廣き貴重なる直線運動の一てある。

此直線運動の「リンク」RMの長さは成るべく長きを望むのみて任意の長さて好いが、Q點の位置と「リンク」QKの長さとは畫點の兩端と其中央の位置と

第五百三圖

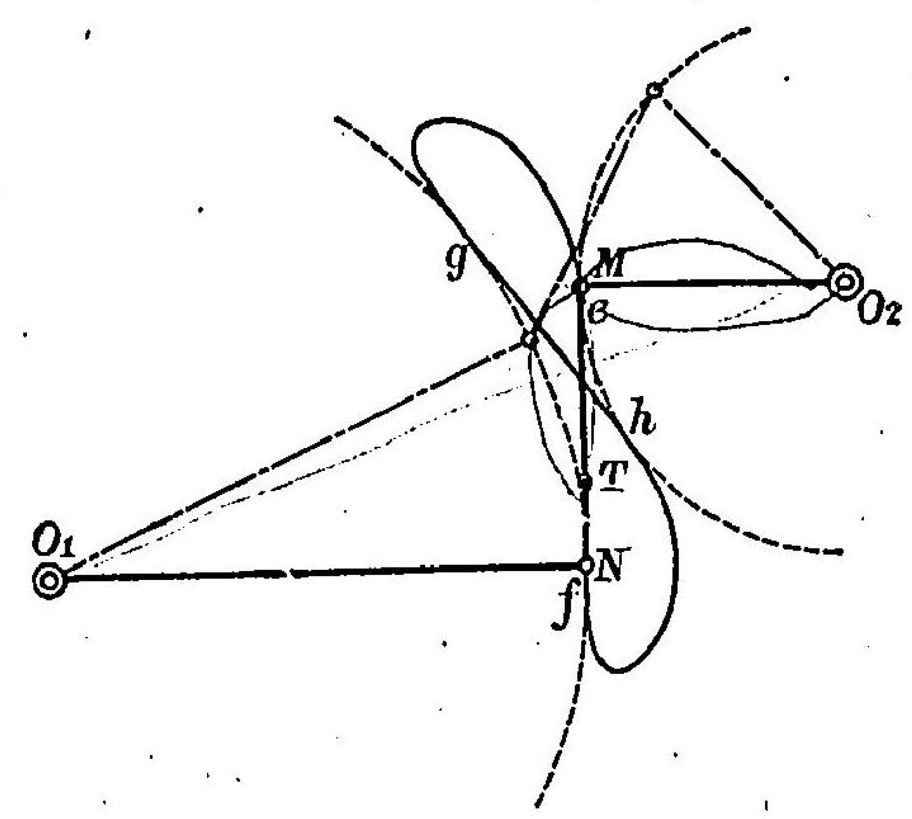





を與へて圖面上より求むるが至便である。其方法は例へば第五百三圖に於てNとN'とを畫點の兩極端の位置,$N_0$を其中央の位置とすれば、「リンク」MNは此等の位置に適應して夫々NM, N'M', $N_0M_0$の位置を取り此れと同時に點Kは夫々K, K', $K_0$の位置を取る故に、三點K, $K_0$, K'を通る圓を畫けば其中心Qと半徑QKとは所要のものてある。

**245. ワットの直線運動** ワットの直線運動も亦近似直線運動てあるが、「リンク」の數少なく然も滑動の對を含まぬ故にグラスホッパーの直線運動と共に應用甚だ廣き有用なるものてある。第五百四圖に示すは即ちワットの直線運動て僅かに四つの「リンク」より成り其内$O_1O_2$なる「リンク」は固定の「リンク」即ち框,$O_1N$と$O_2M$とは腕,MNは連鋅てある。而して$O_1N$と$O_2M$とが共に水平になる時MNは本來垂直になる樣

第五百四圖



に造られてあるものである。但し構造の都合により必ず垂直とは限らぬ。

偖て此「からくり」を動かせば連鎖MN上の總ての點は空間中に種々の形狀の8字形の曲線を畫くものであるが、此等多數の8字形の曲線の內で其一部に直線に最も近似の曲線の一部を含む8字形の曲線があるものである。斯の如き曲線は理論上連鎖MNを腕の長さの反比に內分する點T即ち

$$\frac{MT}{NT}=\frac{O_1N}{O_2M}\text{……………………………}(211)$$

なる比例式を以て表はさるゝ點Tの畫く8字形の曲線で、此曲線の $ef$ 及び $gh$ の部は殆ど直線である。而して二つの腕 $O_1N$ 及び $O_2M$ が平行なる時を以て此「からくり」の動き始めの位置としてあるが、此如き位置にある時近似直線 $ef$ は腕に直角である。夫故に此「からくり」を動き始めの位置より餘り多く動かさねば、MNを腕の長さの反比に內分する點Tは動き始めの腕に直角なる近似直線を畫くのである。餘り多く動かしてTが $ef$ 以外に到る様にする時は畫かるべき曲線中に直線と甚しく相違せる曲線を含むことゝなる故に、此直線運動を用ゐる場合には腕が餘り大なる角度を搖動せぬ様にせねばならぬこと、グラスホッパーの直線運動に於けると同して



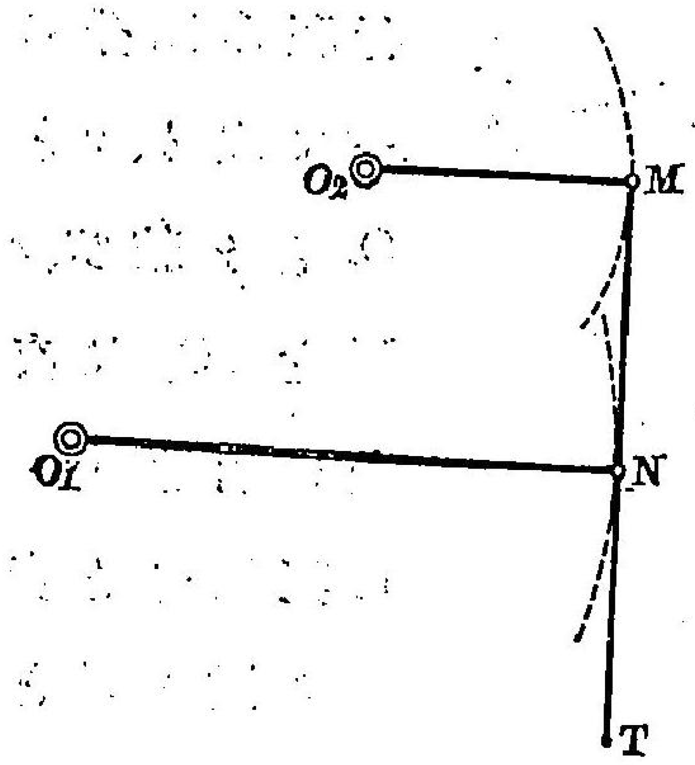
ある。

以上は腕が連鎖の兩側に在る場合であるが、第五百五圖に示す如く腕が連鎖の一側に在る時は、連鎖MNを腕の長さの反比に外分する點T即ち

$$\frac{MT}{NT}=\frac{O_1N}{O_2M}$$

なる比例式を以て表はさるゝMNの延長線上の點Tは、動き始めの位置即ち腕が平行なる位置にある時の腕に直角なる近似直線を畫くものである。而して斯かる點Tは常に長き方の腕に近き側にあるものである。腕の長さ等しき時の點Tは第五百四圖の場合にはMNの中點であるが第五百五圖の場合には無限の遠方にあることゝなる。

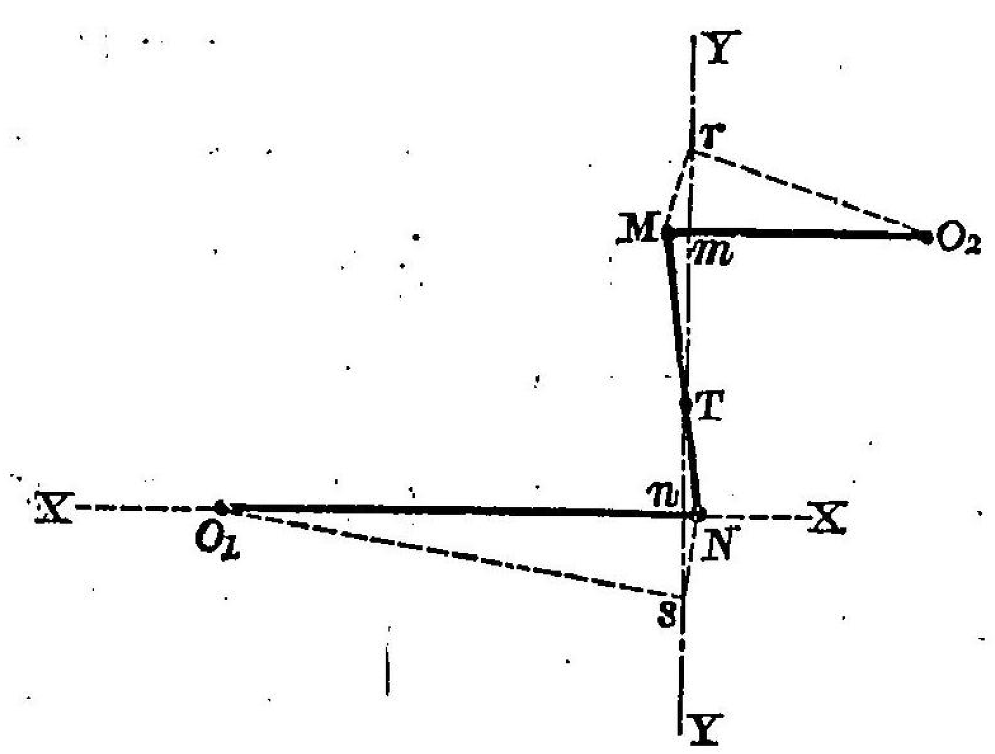
第五百五圖




ワットの直線運動の一般の形は動き始めの位置に於て連鎖が腕に直角ならぬもので、此れを設計するには畫點の動く直線の方向、畫點の動く兩極端の距離即ち畫點の行程、一方の腕の搖動の中心、動き始め

の位置に於ける二つの腕の間の距離,及び其時の書點の位置を與へて,各々の腕及び連鋂の長さと他方の腕の搖動の中心とを圖面上より求むるが至便てある。其方法は例へば第五百六圖に於てYYを書點の動く方向,$O_2$を與へられたる一方の腕の中心,Tを書點の位置とすれば、$O_2$よりYYに垂直線$O_2m$を引き、$mr$を與へられたる行程の四分の一に取り、$r$と$O_2$とを結び、$r$Mを$rO_2$に直角に引き$O_2m$の延長線と交はる點をMとす。次に$O_2M$とXXとの距離が與へられたる二つの腕の間の距離になる様に直線XXを$O_2M$に平行に畫きYYと交はる點を$n$とし、MとTとを結ぶ直線MTの延長線と交はる點をNとす。$ns$を與へられたる行程の四分の一に取りてN,$s$を結び、N$s$に直角なる直線$sO_1$を引きXXと交はる點を$O_1$とすれば、$O_1N$と$O_2M$とは求むる腕の長さ,MNは連鋂の長さ,

第五百六圖






$O_1$は他方の腕の中心の位置である。

例、ワットの直線運動に於て腕の長さ4呎及び6呎,連鋂の長さ3呎ならば,連鋂上の如何なる點が最も近似の直線を書くか。腕が連鋂の兩側にある時と一側にある時とに於て別々に定めよ。

解、腕が連鋂の兩側にある場合(第五百四圖)ならば,

$$\frac{MT}{NT}=\frac{O_1N}{O_2M}=\frac{6}{4}=\frac{3}{2}$$

或は　$2\times MT=3\times NT$

然るに　$MN=MT+NT=3^{呎}$

或は　$NT=3-MT$

故に　$2\times MT=3\times(3-MT)=9-3\times MT$

$5\times MT=9$

依て　$MT=\frac{9}{5}=1.8^{呎}$ 又は約 $21\frac{5}{8}^{吋}$

即ち短き方の腕より $21\frac{5}{8}^{吋}$ を距る連鋂上の點は所要の點である。

腕が連鋂の一側にある場合(第五百五圖)ならば

$$\frac{MT}{NT}=\frac{O_1N}{O_2M}=\frac{6}{4}=\frac{3}{2}$$

或は　$2\times MT=3\times NT$

然るに　MN=MT−NT=3呎

或は　NT=MT−3

故に　2×MT=3×(MT−3)=3×MT−9

依て　MT=9呎

即ち長き方の腕に近き側に於て長き腕より9呎を距る連鐶の延長線上の點は所要の點である。

**246.**「**パントグラフ**」「リンク」仕掛けを應用して圖の摸寫をなし、或は大なる圖と相似なる小なる圖を書き、又は小なる圖と相似なる大なる圖を書かしむる器械がある。此器械を「**パントグラフ**」と名付け、圖面の摸寫をなすに極めて便利なもので、殊に地圖の縮小又は擴大に至便であるから土木工業者に必須なものである。然し「パントグラフ」は獨り摸寫器械としてのみならず、機械構造上にも可なり應用の廣きものである。

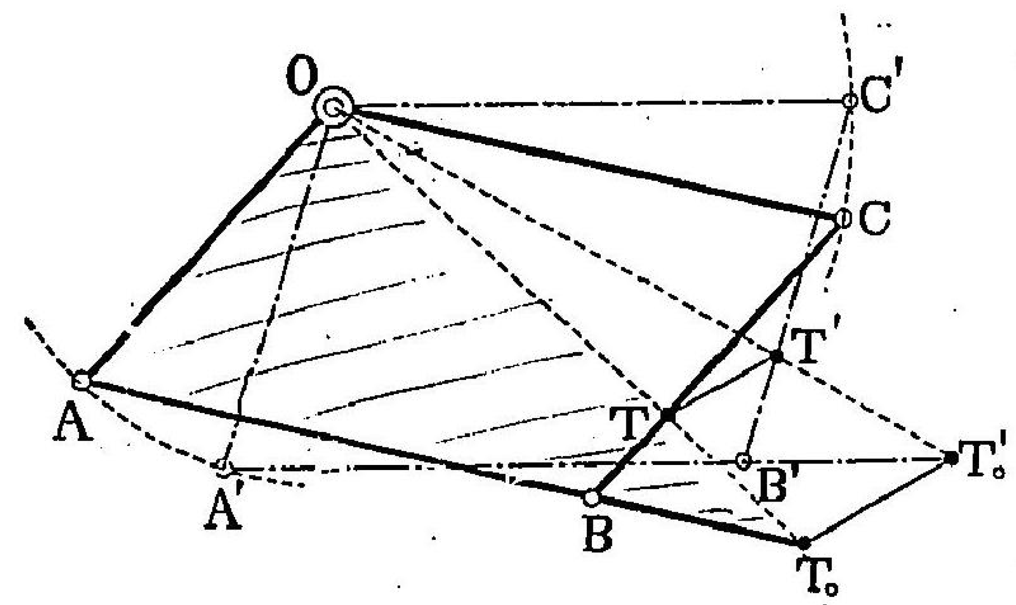
「パントグラフ」は其構造甚だ簡單で、平行四邊形の「リンク」仕掛けの或る一點を固定したるのみのものである。今第五百七圖に於て OABC は「リンク」上の任意の一點Oを固定の軸とする平行四邊形の「リンク」仕掛けとし、固定點Oの屬せざる「リンク」例へばAB或は其延長線上の任意の點を $T_0$ とし、$T_0$ と固定點



Oとを結ぶ直線或は其延長線が固定點Oの屬せざる他の「リンク」BCと交はる點をTとす。然る時は三角形 $OAT_0$ に於てAOとBTとは平行であるから、

$$\frac{BT}{AO}=\frac{BT_0}{AT_0}$$

第五百七圖




或は　$$BT=AO\times\frac{BT_0}{AT_0}$$

然るに $T_0$ が與へられたる點なる以上は $BT_0$ と $AT_0$ とは一定の長さで、且つAOは一定の「リンク」の長さであるから $AO\times\frac{BT_0}{AT_0}$ は一定の値である。依て

BT=一定數

即ち此「リンク」仕掛けが如何なる位置に動くともBTの長さは一定の値である。換言すれば $T_0$ が「リンク」AB又は其延長線上に於て與へられたる一定の點であるならば、$T_0$ と固定點Oとを結ぶ直線又は其延長線が他の「リンク」BCと交はる點Tは、此「リンク」

仕掛けの位置の如何に係らず「リンク」BC上に於て一定の點である。故に此「リンク」仕掛けがOを軸として點棒線を以て示したる位置に動きたる時を考ふるに、$T_0$は$T_0'$に移り同時にTは$T'$に移り、然も三點O, $T'$, $T_0'$は一直線上にあるのである。又三角形$OAT_0$に於て

$$\frac{OT_0}{TT_0}=\frac{AT_0}{BT_0}$$

然るに$T_0$が與へられたる點である以上は$AT_0$とB$T_0$とは一定の長さであるから此「リンク」仕掛けの位置の如何に係らず$\frac{OT_0}{TT_0}$は一定數である。依て

$$\frac{OT_0}{TT_0}=\frac{OT_0'}{T'T_0'}$$

或は $$\frac{OT+TT_0}{TT_0}=\frac{OT'+T'T_0'}{T'T_0'}$$

即ち $$\frac{OT}{TT_0}+1=\frac{OT'}{T'T_0'}+1$$

或は $$\frac{OT}{TT_0}=\frac{OT'}{T'T_0'}$$

此比例式は二直線$T_0T_0'$及び$TT'$が平行なることを示す。而して$T_0T_0'$と$TT'$との長さの關係は

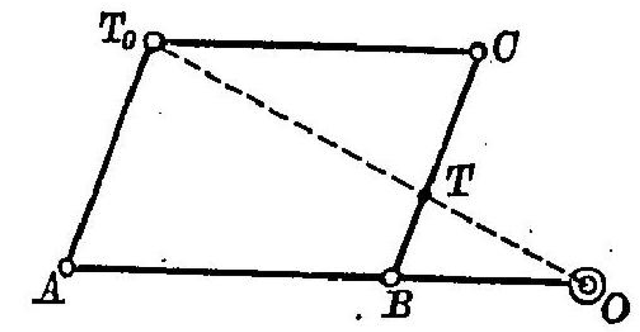
$$\frac{TT'}{T_0T_0'}=\frac{OT}{OT_0}\cdots\cdots\cdots\cdots(212)$$

なる比例式を以て表はさるゝものである。即ち$T_0$を動かせばTも亦動くが、Tの動く路は常に$T_0$の動

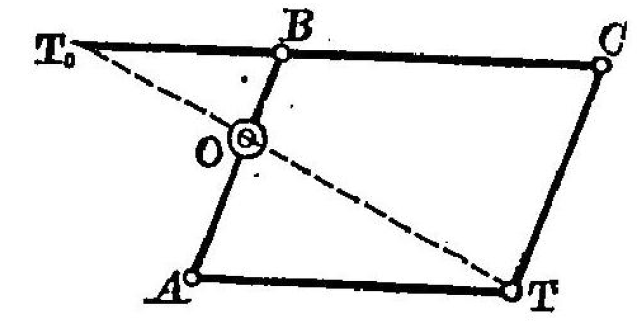


く路と平行て、然も動きたる路の長さは固定點Oよりの距離に正比例するのである。故にTに鉛筆を裝し、$T_0$の下に原圖を置き、Tの下に白紙を布き原圖の通りに$T_0$を動かせば、Tは原圖に相似な然も原圖よりも小なる圖を白紙上に畫く理てある。又これと反對に、$T_0$に鉛筆を裝し、Tの下に原圖を置き、$T_0$の下に白紙を布き原圖に沿ふてTを動かせば、$T_0$は原圖に相似な然も原圖よりも大なる圖を白紙上に畫く理てある。且又此等の原圖と摸寫圖とは相互の位置に於て平行て、其等の大小の關係は$\frac{OT}{OT_0}$或は$\frac{OT_0}{OT}$を以て表はされ、固定點に近き方にある圖は小にして遠き方にある圖は大てある。

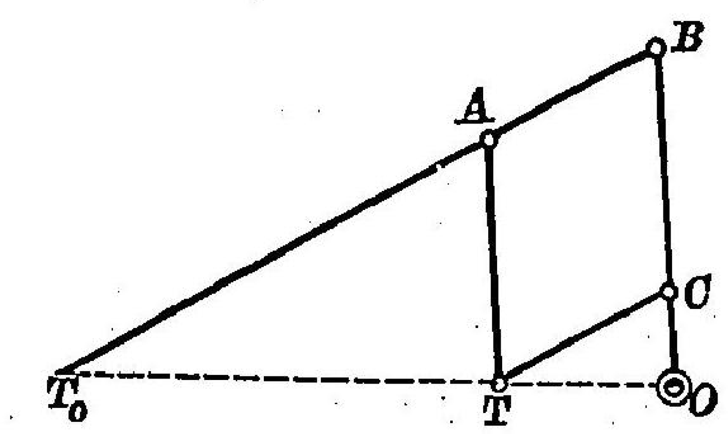
第五百八圖



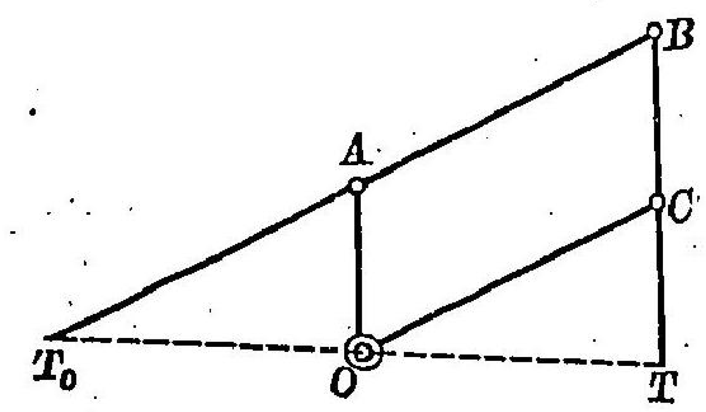

第五百九圖




第五百十圖

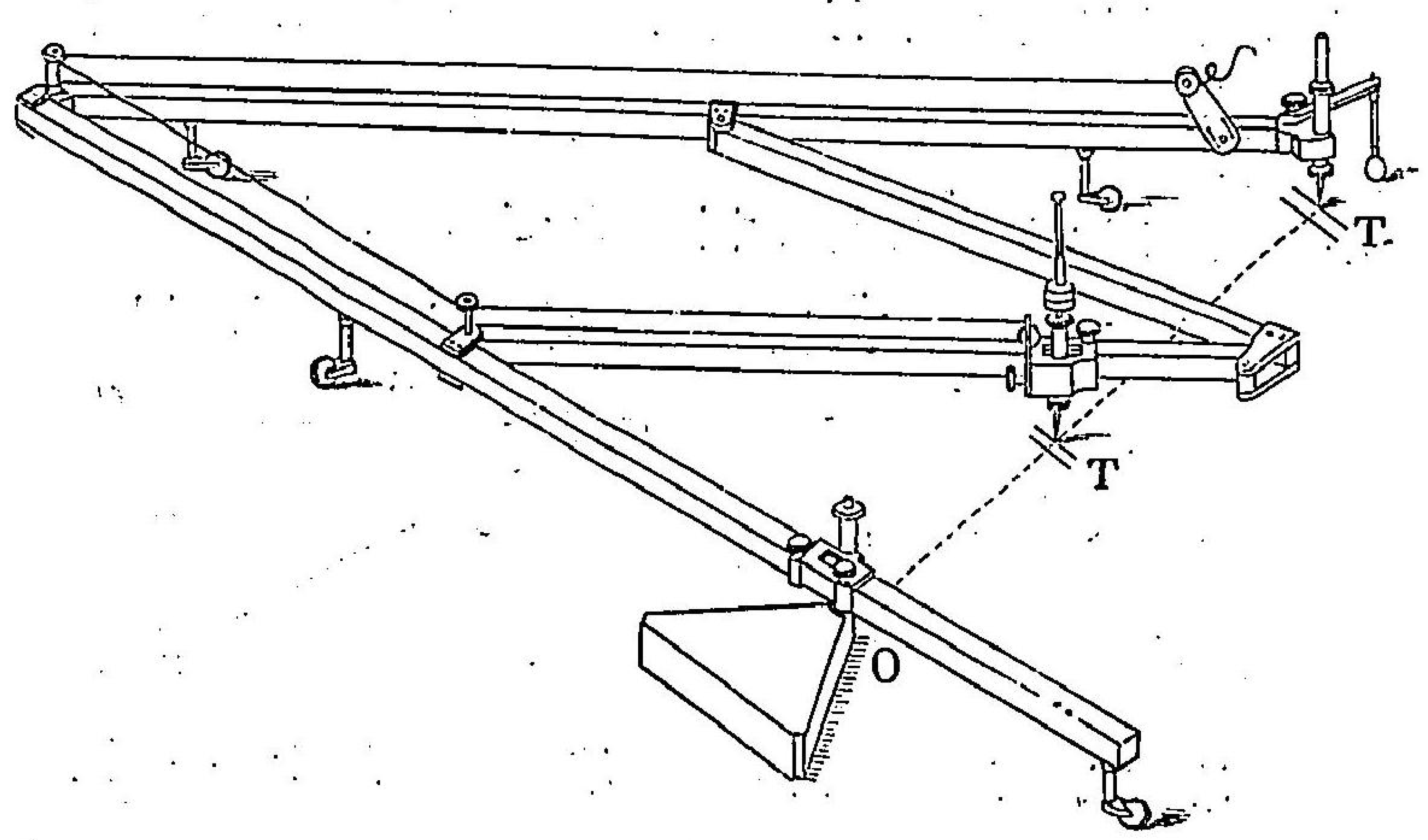



第五百十一圖



「パントグラフ」には種々の型があるが、皆平行四邊形の「リンク」仕掛けの「リンク」上又は其延長線上の任意の一點を固定し、固定點の屬せざる異なる二つの「リンク」或は其等の延長線上に $T_0$, $T$, $O$ の三點が一直線をなす如き $T_0$ 及び $T$ の二點を取れば、$T_0$ と $T$ とが動く路は互に平行で、其路の長さは固定點 $O$ よりの距離に正比例することと總て上述の原理に從ふものである。第五百七圖乃至第五百十一圖は「パントグラフ」

第五百十二圖




の普通の型で、$O$ は固定點、$T_0$ と $T$ とは共に書點である。又第五百十二圖は第五百十圖と同じ型の「パントグラフ」の實際の構造を示したもので、書點 $T_0$ 及び $T$ の位置を變へて原圖と摸寫圖との大小



の割合を隨意に加減し得る裝置を具ふるものである。

例一、第五百七圖に示す「パントグラフ」を以て原圖の三倍又は三分の一の圖を書かんとす。書點の位置を定めよ。但し OA の長さ 24 吋, OC の長さ 18 吋とす。

解、三角形 $OAT_0$ に於て

$$\frac{OT_0}{OT}=\frac{AT_0}{AB}=\frac{AB+BT_0}{AB}=\frac{18+BT_0}{18}$$

然るに題意により

$$\frac{OT_0}{OT}=3$$

故に $$\frac{18+BT_0}{18}=3$$

$$18+BT_0=3\times18=54$$

故に $$BT_0=54-18=36^{吋}$$

又同じ三角形に於て

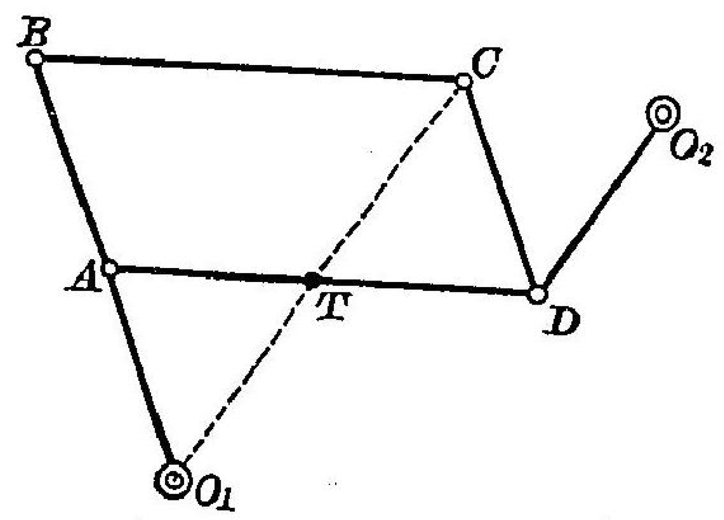
$$\frac{BT}{AO}=\frac{BT_0}{AT_0}=\frac{BT_0}{AB+BT_0}=\frac{36}{18+36}=\frac{36}{54}$$

故に $$BT=\frac{36}{54}\times AO=\frac{36}{54}\times24=16^{吋}$$

即ち二つの書點の內一は「リンク」AB の延長線上に於て B より 36 吋を距る點、一は「リンク」BC 上に於て B より 16 吋を距る點は求むる點である。

例二、第五百十三圖に示すは六個の「リンク」より成る「リンク」仕掛けて其內 $O_1O_2$ は固定の「リンク」である。今此仕掛けに於て $O_1A=O_2D=AB=CD$ 及び $BC=DA$ ならば、點 C は近似の直線を書くことを證せ。

第五百十三圖




解、$O_1ADO_2$ なる「リンク」仕掛けのみを考ふれば其れはワットの直線運動であるから連銲 AD を次の割合に內分する點 T は近似の直線を書く筈である[245節]。

$$\frac{AT}{DT}=\frac{O_2D}{O_1A}$$

然るに $O_1A=O_2D$ なる故に

$$\frac{AT}{DT}=1$$

或は　$AT=DT$

即ち近似の直線を書く點 T は AD の中點である。

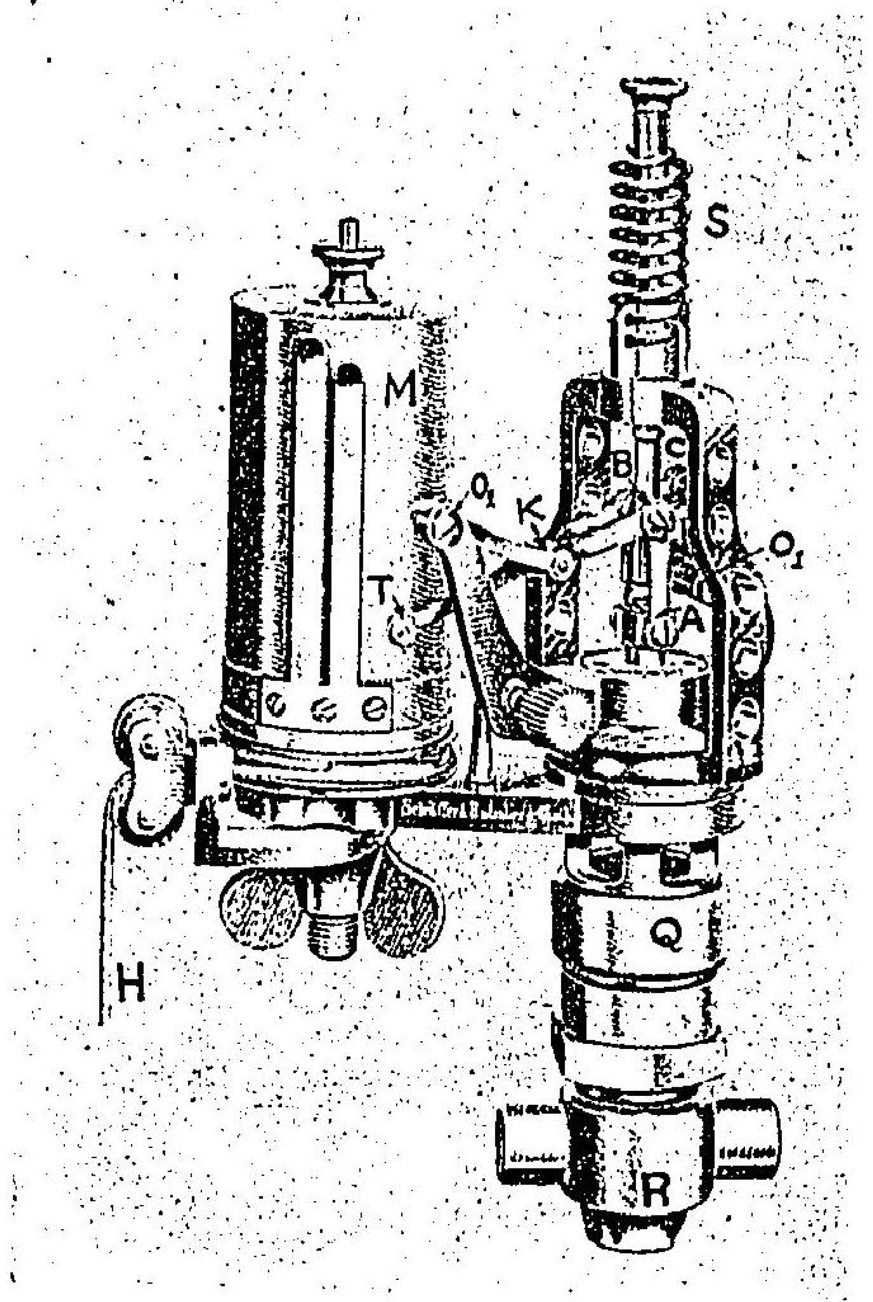
又 ABCD は平行四邊形であるから $O_1BCDA$ なる「リンク」仕掛けのみを考ふれば其れは第五百八圖に示す型の「パントグラフ」である。故



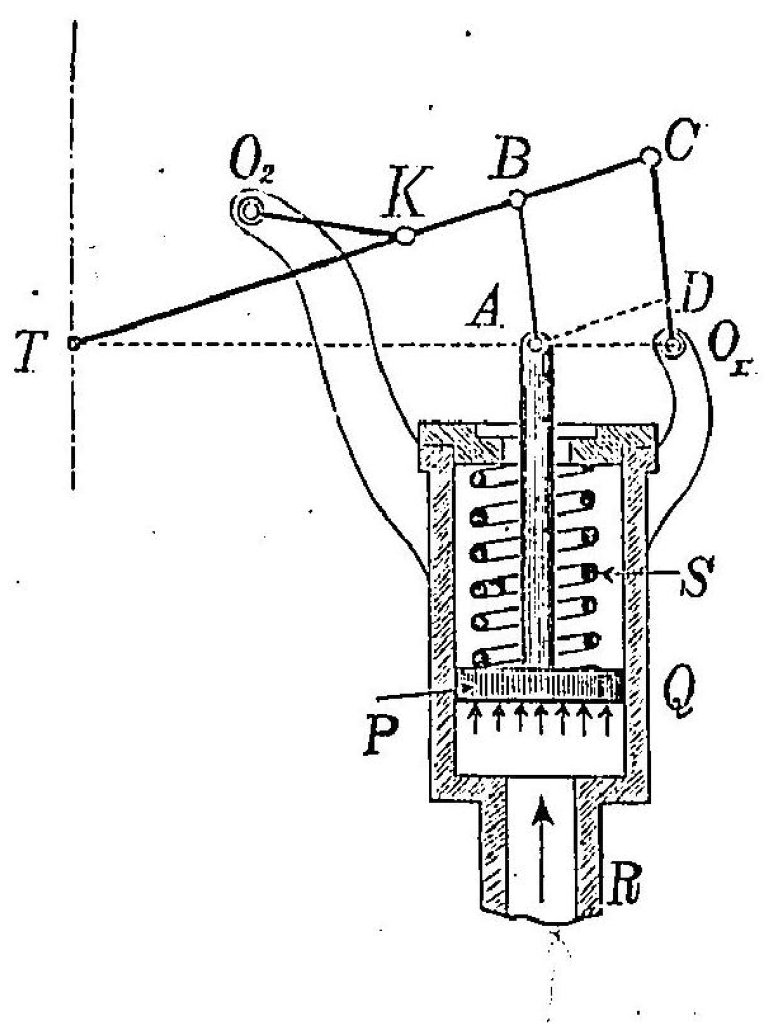
に $O_1C$ が AD と交はる點と C 點とは平行の運動をなす。然るに $O_1A$ と CD とは等しく且つ平行であるから $O_1C$ が AD と交はる點は AD の中點 T である。即ち C は T と平行の運動をなし然も T は近似の直線を書く。故に C は亦近似の直線を書くべき理である。

**247.「インヂカトル」** 機械構造上ては直線運動と「パントグラフ」とを聯合して用ゐる場合が甚だ多い。「インヂカトル」の「からくり」は其一例である。「インヂカトル」は蒸汽機關「シリンドル」內に働く蒸汽の有樣、瓦斯機關「シリンドル」內の瓦斯爆發の工合、「ポンプ」「シリンドル」內の水の壓力の模樣等を紙面上に圖示せしめ、更に進んで其馬力を測定せしむる所謂「インヂカトル」線圖を書かしむる第五百十四圖に示す如き小なる器械て、種々の構造はあるが原理は皆同一て、其概略を述ぶれば第五百十五圖の構造圖に示す如く、Qは小なる「シリンドル」て其上端は大氣と通じ、下端は管 R を以て蒸汽機關、瓦斯機關等の「シリンドル」に通ぜしめ、Q の中には蔓卷き「ばね」S によりて常に下方に壓せられてゐる「インヂカトル、ピストン」と名付くる小なる「ピストン」P があつて、之れに「ピストン」銲 A が取付けられてある。そこて機關の「シ

第五百十四圖




第五百十五圖




リンドル」內の壓力は管Rを傳はりて「ピストン」Pの下面を壓するから、其力によりてPは壓し上げられる。且つ機關の「シリンドル」內の壓力は時々に變化するものであるから、Pを壓す力に大小を生じ従てPは絶えず上下に動く。而してPが上下に動く量は「ばね」が正確のものであれば壓力に正比例するものであるから、Pの動く量によりて壓力の大小を測り得るのである。故に「ピストン」桿の上端Aに鉛筆



を裝し置けば、鉛筆はPと同じ上下の運動をなすから壓力に正比例する長さの線を紙面上に畫く譯である。然し此器械は通例甚だ小なるものでPの運動も亦從て小であるから、斯かる仕掛けを以て鉛筆が畫いた圖は極めて小であるが故に、充分に壓力の工合を知ることは困難である。そこでAの運動を擴大せんとするは勢ひ起るべき當然の理で、爰に於てか直線運動と「パントグラフ」とが總ての「インヂカトル」に應用されて居るのである。

偖てABCDなる「リンク」仕掛けを平行四邊形に造り、CDの延長線上の一點$O_1$を固定すれば$O_1$, Aを結ぶ直線の延長線がCBの延長線と交はる點Tの運動はAの運動と平行で、然も$\frac{O_1T}{O_1A}$の割合を以てAの運動は擴大せらるゝ譯である。是即ち「パントグラフ」であるが、尚ほTは左右に偏倚することなく「ピストン」Pと共に垂直上下の運動をなさねばならぬ必要あるために、「パントグラフ」の他に更に直線運動を仕掛けねばならぬ。直線運動の普通用ゐらるゝものは前既に述べたる如き理由で、グラスホッパーのか又はワットのかである。第五百十四圖及び第五百十五圖に示すはグラスホッパーの直線運動を仕掛けた構造であつて、即ち「リンク」CT上の一點Kに$O_2K$

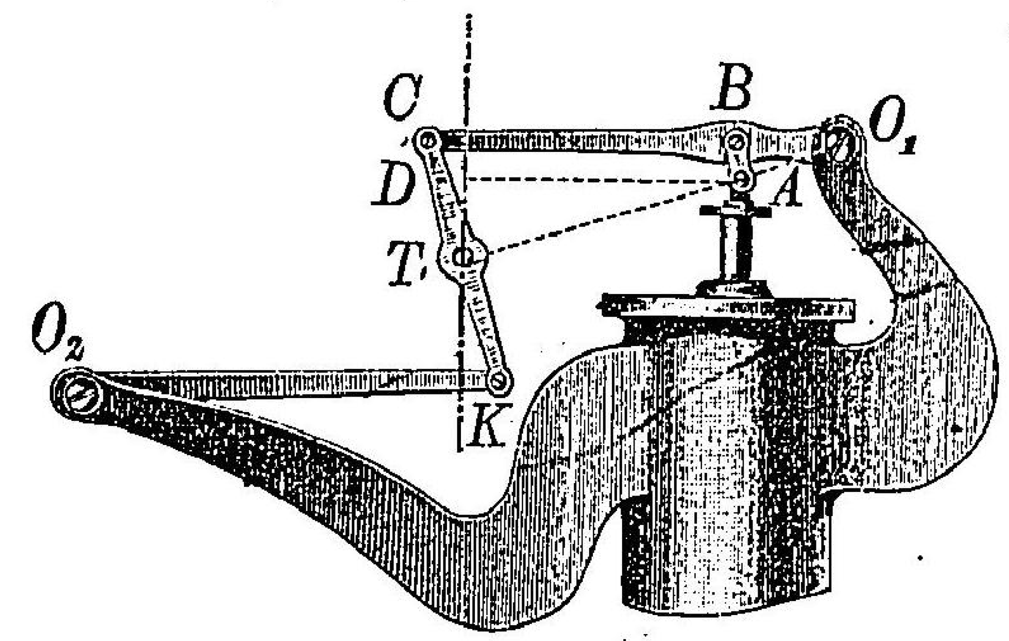
なる「リンク」を附し、$O_2$を固定すれば$O_1CTO_2K$なる「リンク」仕掛けはグラスホッパーの直線運動(第五百二圖參照)であるから、Tは垂直上下の運動をなすのである。

斯の如く總ての「インヂカトル」は「パントグラフ」と直線運動との聯合の「からくり」によりて、畫點Tは「ピストン」Pと等しき運動,然も$\frac{O_1T}{O_1A}$の割合を以て擴大されたる垂直上下の運動をなす故に、Tに鉛筆を裝し、白紙を筒Mに卷き付け置き綱Hを引きて其れを水平に動かせば、Tの垂直の運動と白紙の水平の運動とが合成して其白紙上に所謂「インヂカトル」線圖と名付くる圖が書かれるのである。實際の「インヂカトル」に於ては、$O_2K$なる「リンク」を置く時はADなる「リンク」は無くとも差支なき故に、通例此「リンク」は省略してある。圖に點線を以て示したのは此れがためと知るべし。

第五百十六圖は「パントグラフ」とワットの直線運動とを聯合したる「インヂカトル」の「からくり」で、ABCDは平行四邊形の「リンク」仕掛けの一點$O_1$を固定したる「パントグラフ」であるから、$O_1$,Aを結ぶ直線の延長線が「リンク」CDの延長線と交はる點Tの運動はAの運動と平行で然も$\frac{O_1T}{O_1A}$倍の運動をなすのであ



第五百十六圖




る。又$O_1CKO_2$はワットの直線運動(第五百六圖參照)であるから、「リンク」CK上のT點は垂直上下に直線の運動をなす。故にTを畫點として鉛筆を裝し、白紙を水平に動かせば「インヂカトル」線圖の書かるゝこと前と同一である。此場合にも此「からくり」の運動は「リンク」ADの存在に無關係なる故に、通例此れを省略して構造を簡單にしてある。

「インヂカトル」には此他異なる「からくり」のものもあるが、其等は皆或る種の直線運動と「パントグラフ」とを聯合したるに過ぎぬもので、原理に於ては如何なる「インヂカトル」と雖異なることはない。

## 第五目 問題

1. 5吋を隔つる二點A,Bを「パントグラフ」を以て連結し、Aが任意の方向に3吋動く間にBをして

Aの運動と平行に然も同し向きに2吋動かさしめんとす。「パントグラフ」の固定點の位置を問ふ。

**2.** 前問の場合にAとBとの運動の向きを反對ならしめんには固定點の位置如何。

**3.** $1\frac{1}{2}$吋を隔つる二點A, Bを「パントグラフ」を以て連結し、Aが任意の方向に2吋動く間にBをしてAの運動と平行に然も同し向きに5吋動かさしめんとす。「パントグラフ」の固定點の位置を問ふ。

**4.** 前問の場合にAとBとの運動の向きを反對ならしめんには固定點の位置如何。

**5.** グラスホッパーの直線運動(第五百二圖)に於てNM=5呎, NK=3呎, 書點Nの兩極端の距離=2呎(但しP點の兩傍に於て各1呎づゝなる時)圖面上よりQ點の位置及び「リンク」QKの長さを定め、更にN點の軌跡を書け。

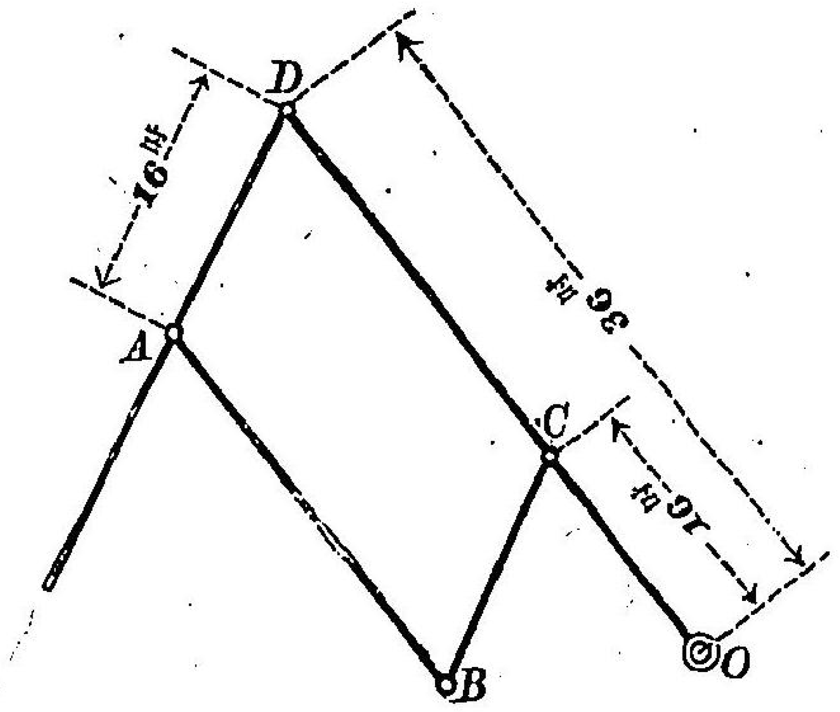
**6.** 第五百四圖に示す如きワットの直線運動に於て腕の長さ2呎及び3呎, 連鋅の長さ$2\frac{1}{2}$呎なる時は何れの點が最も近似の直線を書くか。更に書點の軌跡を書け。

**7.** 前問の直線運動が第五百五圖に示すものならば如何。

**8.** 第五百六圖に示すワットの直線運動に於て、書點の行程=1·8呎, 動き始めの位置に於ける書點の位置$m$T=1呎, $m$O$_2$=1·3呎, 腕の間の垂直距離$mn$=1·52呎とし、各々の腕と連鋅との長さ及びO$_1$とO$_2$との水平距離を求む。



第五百十七圖




**9.** 第五百十七圖に示す寸法の「パントグラフ」を以て與へられたる圖の$1\frac{1}{2}$倍の圖を書かんとす。書點と鉛筆との位置を定めよ。

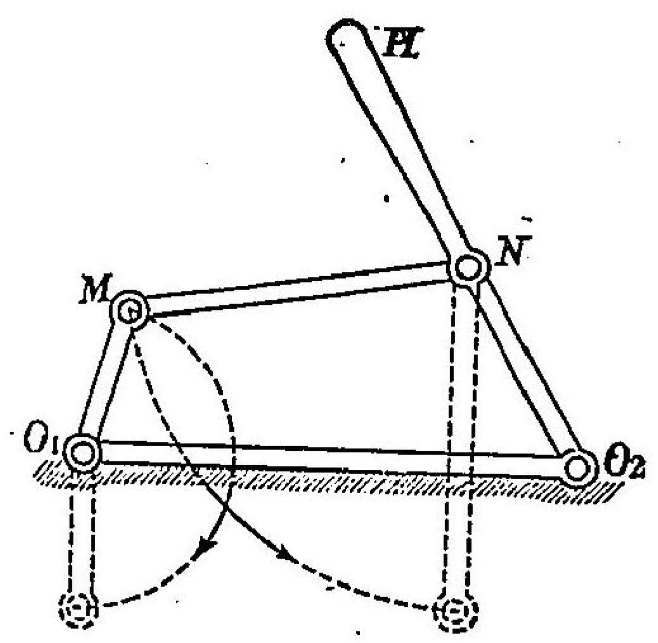
## 第六目　「ラッチェット、からくり」

### 第一　「クリック」と「ラッチェット」

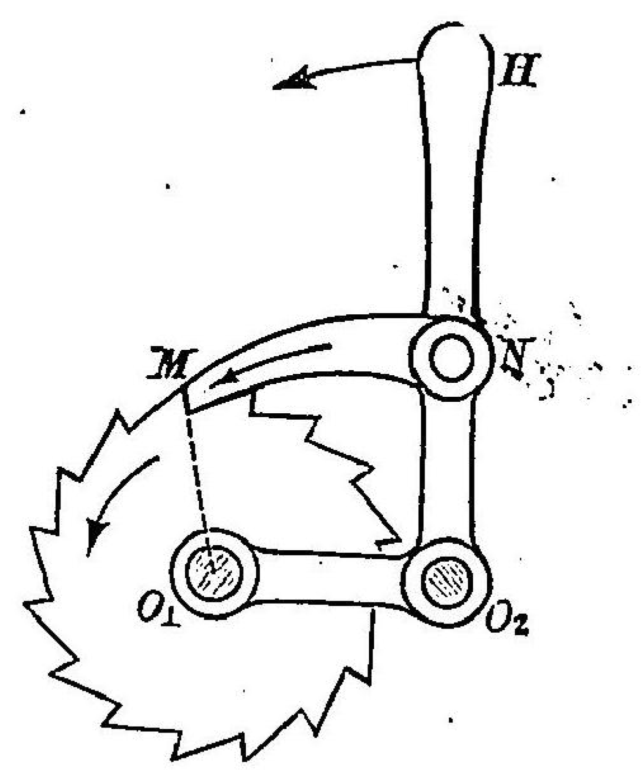
**248.** **「ラッチェット」車**　第五百十八圖に示す四個の「リンク」と四個の回轉の對より成る「リンク」仕掛けの「リンク」O$_1$O$_2$を固定し、把手Hを以て「リンク」O$_2$Nを動かせば「リンク」O$_1$Mは動かされること明てある。然し若しMなる結び目にある目釘を拔き去りたりとすれば腕O$_1$Mと連鋅MNとは圖に點線を以て示

したる如く外れ、直接連結の機能を失ふこと丶なるから最早や「からくり」たるの資格を失ひ、把手を如何

第五百十八圖




第五百十九圖



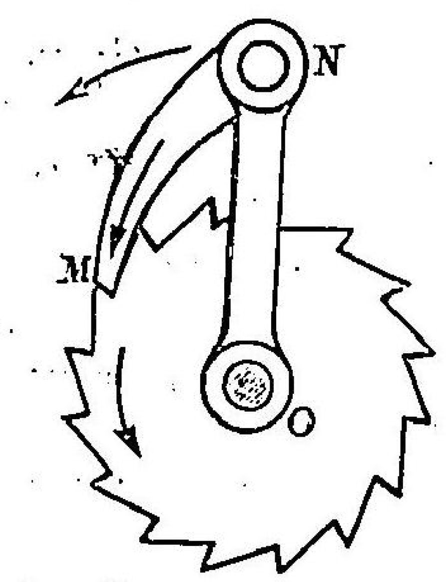

に動かすとも「リンク」$O_1M$に其運動が傳はらぬものとなるのである。然し茲に一の工夫がある。夫れは$O_1M$なる「リンク」を鋸齒狀の齒を具ふる齒車にし、第五百十九圖に示す如く「リンク」MNが常に齒に接觸して居る樣に裝置すれば、把手Hを左方に動かせば「リンク」MNは矢の示す如く左方に齒を押す故に、齒車は矢を以て示す如く左廻はりに回轉する。Hを右方に動かす場合にはMNは單に齒の表面に沿ふて滑るのみであるから運動は齒車に傳はらぬが、Hを右方に或る所まで動かしたる時にMNが齒車の次の齒の間に落ち込む樣に造れば、Hを左方に戻



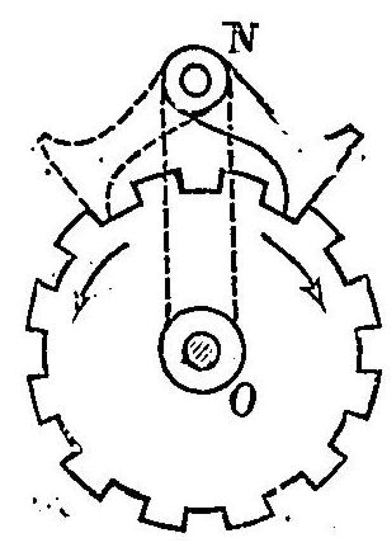
す時其齒を押す故に齒車は更に左廻はりに回轉する。即ち把手Hが左方に動かさる丶時にのみ運動傳はりて齒車は同じ向きに順次回轉し、把手が右方に動かさる丶時は運動傳はらずして齒車は靜止して居るのである。即ち斯樣な仕掛けにすれば働子たる把手が絕えず左右に搖動するに係はらず、被働子たる齒車は或は動き或は止まる運動、所謂**間歇運動**をなすのである。而して假令間歇的の運動でありとは云へど一定の運動であつて、働子の運動によりて被働子に一定の運動を起さするからには「からくり」たるの性能を具ふる譯であるから、此仕掛けは亦純然たる一の「からくり」であることは云ふまでもない[中卷136節參照]。働子の連續的の運動によりて被働子に間歇的の運動を起さする斯の如き「からくり」を總稱して「**ラッチェットからくり**」と云ひ、而して第五百十九圖に示す如き「ラッチェットからくり」に用ゐる齒車を「**ラッチェット**」車或は單に「**ラッチェット**」と云ひ「ラッチェット」車を押し動かす「リンク」MNを「**クリック**」又は「**パォル**」と呼ぶ。

「クリック」と「ラッチェット」の多くの構造は$O_1O_2$なる「リンク」を略し把手の軸を直接に「ラッチェット」車の軸に取付けたものである(第五百二十圖)。此等の構造に於て

第五百二十圖




第五百二十一圖

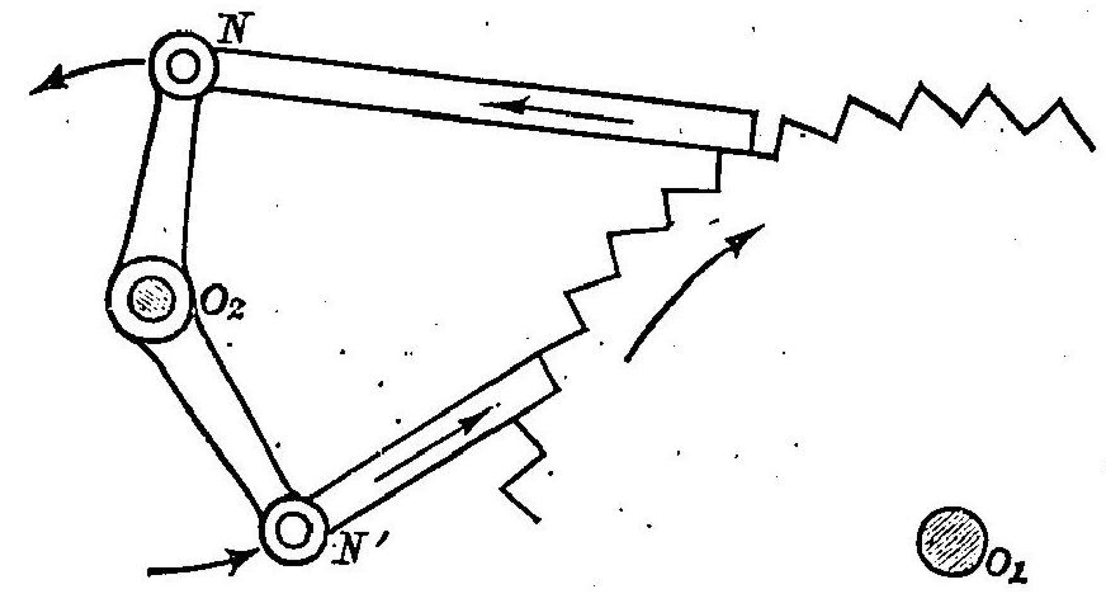



は「ラッチェット」車は常に一方にのみ回轉するものであるが、或る場合例へば製作機類に應用せんとする場合には、或時は右に廻はし或時は左に廻はす必要を生ずるものである。此目的に用ゐらるゝものを逆轉「クリック」と名付け、第五百二十一圖に示す如く「クリック」はT字形をなし、之れが圖に實線を以て示したる位置にある時把手を搖動すれば「ラッチェット」車は右に廻はり點線を以て示したる如く左方に逆轉して搖動すれば「ラッチェット」車は左に廻はる仕組みである。

以上の仕掛けに於ては「クリック」の一往復につき一回「ラッチェット」車が動かされるのみであるから、「クリック」の運動に比し「ラッチェット」車の運動は甚しく間歇的で且つ甚だ緩漫であるが、一個の働子に二個の「クリック」を第五百二十二圖の如く裝置すれば、此等の「クリック」は把手の搖動毎に交互に「ラッチェット」車を矢の示す如く同一方向に押す故に、間歇的なることは免れぬが「ラッチェット」車の運動は餘程敏活となるものであ



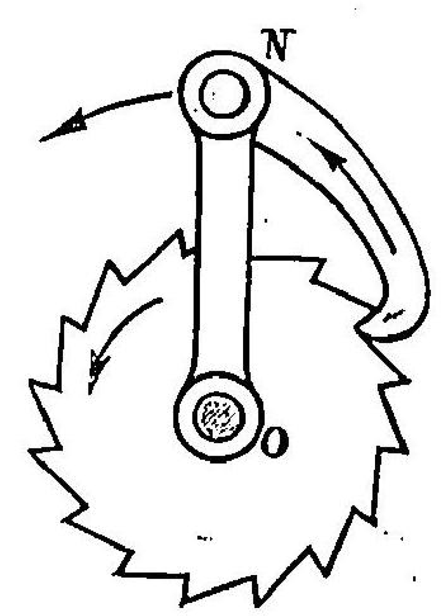
第五百二十二圖



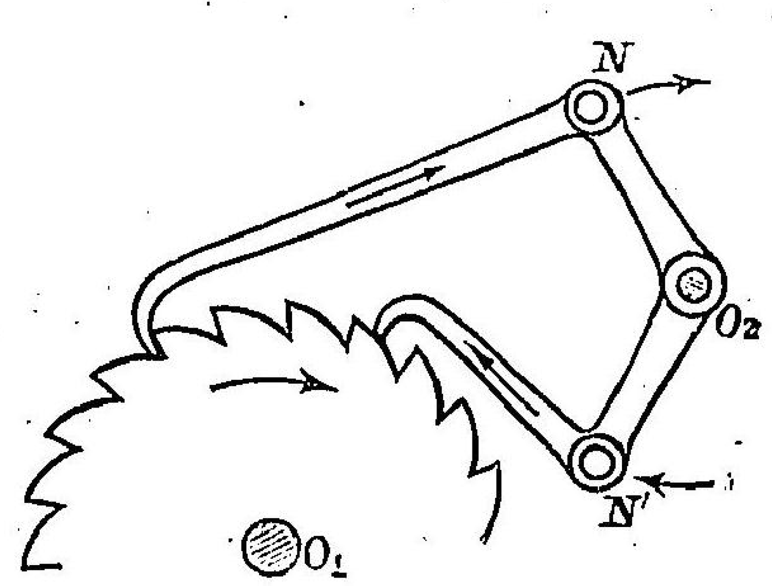

る。此如き「クリック」を複働「クリック」と云ふ。

以上の「クリック」は何れも「ラッチェット」車を押し動かす構造のものであるが、引き動かす構造にすることも出來る。第五百二十三圖は斯かる「クリック」、第五百二十四圖は斯かる複働「クリック」である。押し動かす

第五百二十三圖




第五百二十四圖




「クリック」は壓力を受け、引き動かす「クリック」は張力と同時に屈曲作用を受くることと圖を見て明であらう。

故に押し動かす構造の方が强力に於て大である。隨つて多くは押し動かす構造にする。

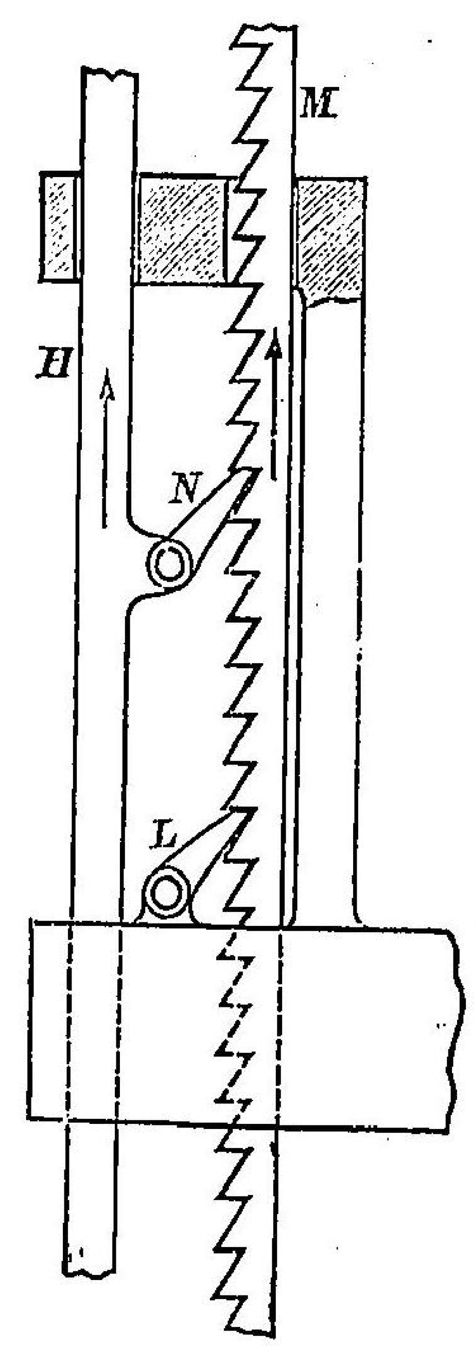
以上は總て「クリック」を働子とし「ラッチェット」車を被働子とした場合について述べたのであるが、「ラッチェット」車が働子である場合を考ふるに、此場合には以上の諸圖に於て總て矢を以て示した向きに「ラッチェット」車を廻はせば廻はし得るけれども、矢と反對の向きに廻はさんとすれば「クリック」に支へられて廻はすことが出來ぬ。即ち「ラッチェット」車を働子とすれば唯一方にのみ之れを回轉し得、逆回轉せしむることは絶對に出來ぬ。夫故「ラッチェット」車を働子とする仕掛けは逆回轉することを絶對に防止せんとする機械に利用さるゝものである。例へば釣揚げ機械を以て重き荷物を釣り揚ぐる場合に、機械の運轉中は荷物は次第に釣り揚げらるゝ故に別段のことはないが、機械に故障を生じたる時或は荷物を釣りたる儘停止せんとする時には、荷物其物の重量によりて機械は逆回轉を起し荷物は降下を始め、初めは速度大ならずとも地球重力の加速度に支配されて次第に速度を增し、終には大なる速度を以て墜落し甚だ危險である。然るに機械の或る部に「クリック」と「ラッチェット」の裝置を仕掛け置けば、機械の逆回轉は絶對に防止さ



るゝ故に斯かる危險は起らぬものである。故に此仕掛けは釣揚げ機械類に殆ど必ず應用されて居る。

「ラッチェット」車の半徑が無限大であるとすれば「ラッチェット」車は直線形となり、之れを**「ラッチェット」棒**と云ふ。第五百二十五圖は「ラッチェット」棒の裝置で、把手Hを上下すれば「ラッチェット」棒Mは「クリック」Nに支へられつゝ上下する。但しMはNに押されて上り、下るは「ラッチェット」棒自身の重量又は「ラッチェット」棒にかゝる重量によるものである。

第五百二十五圖



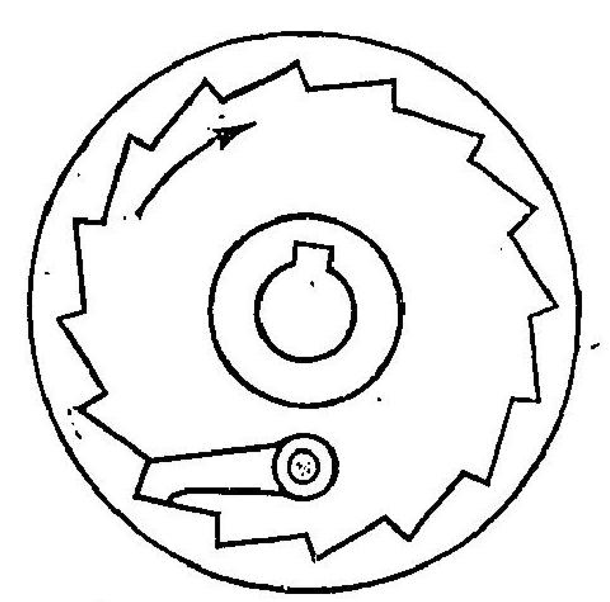

夫故唯一個の「クリック」を用ゐる時は「ラッチェット」棒は把手の上下すると共に上下し、押し上げる作用のみにすることは出來ぬが、更に他の「クリック」Lを把手以外の固定せる位置に仕掛け置く時は、Lは被働子として働く故に「ラッチェット」棒の降下は絶對に防止され、「クリック」Nに押し上げらるゝ時のみ運動を起し、斯くして間歇的に上方に向つて運動を續けるのである。

「ラッチェット」棒の場合に限らず、凡

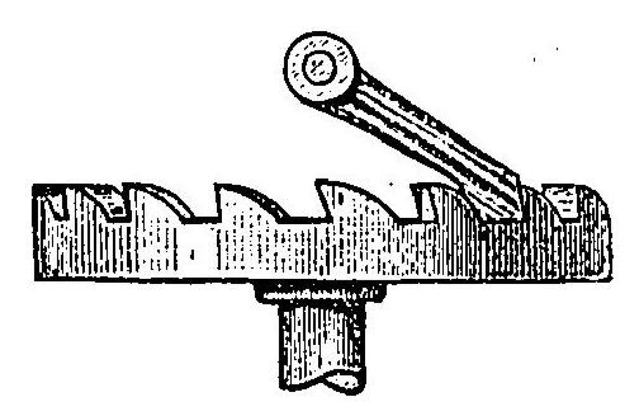
て外力が運動の方向と反對に働く場合に「ラッチェット」の仕掛けを以て一方に動かさんとするには、常に二個の「クリック」を用ゐ、一は働子の「クリック」、一は被働子の「クリック」とすれば其目的を達するのである。働子たる「クリック」は把手と共に搖動し或は往復運動をなすものであるから之れを**動「クリック」**と云ひ、被働子たる「クリック」は一處に靜止して位置を變へぬものであるから之れを**靜「クリック」**と云ふ。

「ラッチェット」車には車の內面に齒を具へ從て「クリック」を車の內部に置きたる第五百二十六圖に示す如

第五百二十六圖



第五百二十七圖



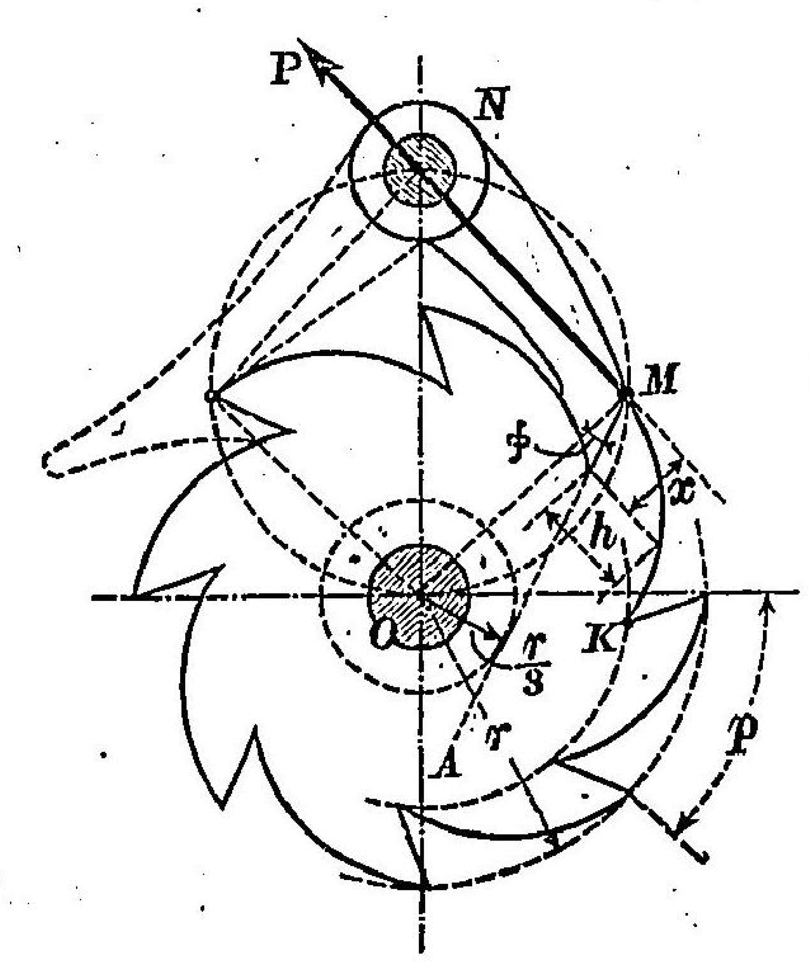
き構造のものがある。此れは重に釣揚げ機械類に於て構造を簡單にするため、「ラッチェット」車を別に裝置するを避け、齒車或は後節に述ぶる制動車の內面に齒を附して之れに「クリック」を仕掛け、齒車或は制動車と「ラッチェット」車とを一つの車に兼ねしめんとする場



合の如きに適用さるゝものである。又第五百二十七圖に示すも亦一の「ラッチェット」の裝置で、機械構造の都合によりては斯かる裝置にせねばならぬ場合もある。

**249. 「ラッチェット」車の設計** 第五百二十八圖に於て「ラッチェット」車の齒の表面に働く力をPとすれば、齒と「クリック」とはPなる力を以て互に壓し合ふのであるから、動もすれば「クリック」は齒の表面を滑りて外方に壓し出さるゝことがある。故に之れを防ぎ、尚又「クリック」の尖端が「ラッチェット」車の齒の尖端と一致したる瞬時には、「クリック」が直ちに齒の刻み目に

第五百二十八圖




落ち込まねばならぬものである。落ち込ましむるには摩擦なしとすれば齒の表面を輻射線OMに沿ふて造れば好いが、實際には齒と「クリック」との間には必ず摩擦が作用して「クリック」の落ち込む防害をなすものであるから、齒の表面

を幅射線 OM と $\phi$ なる角をなす直線 MA に沿ふて造らねばならぬ。然らば $\phi$ を如何なる角にすれば果して「クリック」は摩擦に打ち勝ちて齒の刻み目に落ち込み、而して壓し出されぬかと云ふに、OMA は一の斜面で $\phi$ は其傾角であるから、上卷第32節及び第33節に記述したる事項を參照せば容易に判かることであるが、$\phi$ が摩擦角に等しきか又は摩擦角よりも大ならねばならぬものである。故に齒と「クリック」との間の摩擦係數を $\mu$ とすれば、上卷公式(36)により $\phi$ なる角は少なくとも次の式より求めらるべき角でなければならぬ。

$$\tan\phi=\mu$$

$\phi$ を大にすれば落ち込む働きは活潑となり壓し出される恐れも少なくなるが、餘りに大にすれば齒の根本は薄くなり齒の強力は弱くなるものであるから、故なく大にしてはならぬ。今「ラッチェット」車を鑄鐵とし、「クリック」を鍊鐵或は鋼とすれば槪して $\mu$ は 0·18 であるから、

$$\tan\phi=0{\cdot}18$$

之れより　　$\phi=10°12'$

即ち角 $\phi$ を $10°12'$ 以上にすれば好い。通例の設計には、「ラッチェット」車の齒の尖端を通る圓の半徑を $r$ とすれば、$\frac{r}{3}$ を半徑とする同心圓を畫き、之れに接する直線 MA の方向を以て齒の表面の方向とする。然る時は此場合の角 $\phi$ は



$$\sin\phi=\frac{\frac{r}{3}}{r}=\frac{1}{3}=0{\cdot}333$$

即ち　　$\phi=19°27'$

齒の表面に働く力 P の方向は無論半徑 OM に直角であるが、此力の方向が「クリック」軸 N を通過する様にすることは「クリック」の强力より考ふるも、又は「クリック」軸の强力より考ふるも肝要なことである。故に吾人は角 OMN が直角となるやう、語を換へて云へば M は ON を直徑とする圓周上に在るやうに設計せねばならぬ。

齒一個を考ふる時は自由端に集中荷物 P を支ふる片持梁であるから、今 P に平行なる齒の根本の厚さを $h$, $h$ と P との距離を $x$, 齒の幅即ち「ラッチェット」車の幅を $b$ とすれば、最大屈曲「モーメント」P$x$ を受ける斷面は幅 $b$, 厚さ $h$ なる長方形斷面であるから、上卷公式(63), (95) 及び (67) により [中卷186節參照]

$$Px=f\frac{bh^2}{6}$$

半徑 $r$ なる圓の弧に沿うて測つた相隣る二つの齒

の間の距離即ち歯の刻みを $p$ とすれば通常の割合は $x=0{\cdot}35p$ 及び $h=0{\cdot}5p$ であるから此等を上式に代入すれば、

$$0{\cdot}35\mathrm{P}p=\frac{0{\cdot}5^2}{6}fbp^2$$

之れより次の結果を得。

$$p=2{\cdot}9\sqrt{\frac{\mathrm{P}}{f}\cdot\frac{p}{b}}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(213)$$

「ラッチェット」車の材料は鑄鐵か錬鐵又は鋼で、$\frac{p}{b}$ の値は鑄鐵製ならば1乃至2, 錬鐵又は鋼製ならば3乃至5である。又許容内力 $f$ の値は鑄鐵製ならば3,500ポンド/平方吋, 錬鐵又は鋼製ならば10,000ポンド/平方吋を超過してはならぬ。斯くして刻み $p$ を算出し歯の數 $n$ を適當に與ふれば車の半徑 $r$ は次の式より定めらるゝこと明である。

$$\left.\begin{aligned}2\pi r&=pn\\ \text{或は}\quad r&=\frac{pn}{2\pi}\end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(214)$$

歯の數は釣揚げ機械用として荷物の停止に用ゐる場合には8乃至24個,普通は8乃至12個である。輻射線に沿ふて測つた歯の深さは多くは $0{\cdot}25p$ 乃至 $0{\cdot}3p$ である。又歯の背面MKの部は輻射線MO上に中心を有し、Mを通る圓弧を以て其形狀とするが最良である。



圖に點線を以て示したのは張力を受くる場合の「クリック」で、此場合の「ラッチェット」車の設計法は上述せるものと全く同じである。

例、1,200呎「ポンド」の「トルク」を支ふる釣揚げ機械用の鋼製「ラッチェット」車を設計せよ。

解、$1200^{\text{呎ポンド}}=1200\times12=14{,}400^{\text{吋ポンド}}$

故に $\mathrm{P}=\frac{14400}{r}{}^{\text{ポンド}}$

歯數 $n$ を12とすれば

$$r=\frac{pn}{2\pi}=\frac{12p}{2\times3{\cdot}14}=1{\cdot}91p$$

故に $\mathrm{P}=\frac{14400}{1{\cdot}91p}=\frac{7{,}540}{p}{}^{\text{ポンド}}$

$\frac{p}{b}$ を4とし $f$ を10,000ポンド/平方吋に取れば

$$p=2{\cdot}9\sqrt{\frac{\mathrm{P}}{f}\cdot\frac{p}{b}}=2{\cdot}9\sqrt{\frac{7540}{10000p}\times4}=\frac{5{\cdot}05}{\sqrt{p}}$$

即ち $p^{\frac{3}{2}}=5{\cdot}05$

或は $p=5{\cdot}05^{\frac{2}{3}}=2{\cdot}94^{\text{吋}}$

故に「ラッチェット」車の半徑 $r$ は

$$r=1{\cdot}91p=1{\cdot}91\times2{\cdot}94=5{\cdot}62^{\text{吋}}\text{ 又は約 }5\frac{5}{8}{}^{\text{吋}}$$

歯の深さは

$$0{\cdot}25p\text{ 乃至 }0{\cdot}3p=0{\cdot}25\times2{\cdot}94\text{ 乃至 }0{\cdot}3\times2{\cdot}94$$
$$=0{\cdot}735^{\text{吋}}\text{ 乃至 }0{\cdot}883^{\text{吋}}=\frac{3}{4}{}^{\text{吋}}\text{ とす。}$$

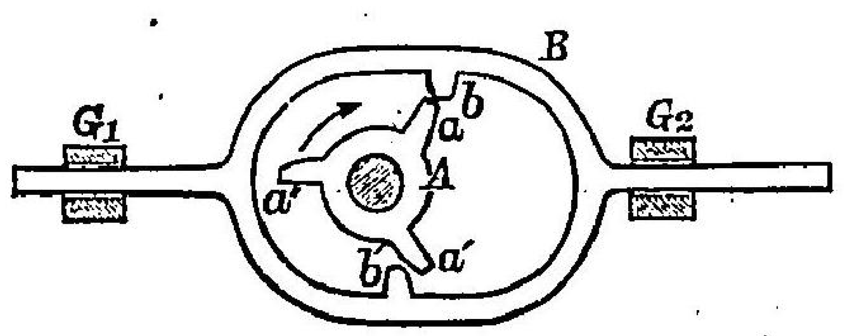
$\frac{p}{b}=4$ であるから歯の幅 $b$ は

$$b=\frac{p}{4}=\frac{2{\cdot}94}{4}=0{\cdot}735^{吋}\text{ 又は約 }\frac{3}{4}^{吋}$$

## 第二 「エスケープメント」

**250.** **「エスケープメント」** 働子より被働子に運動を傳へんとするに、働子は絕えず一方に連續的の運動をなさんとすれど被働子の運動が働子の連續的の運動を妨げ、或は前進させ或は靜止させ、交互に一進一止の間歇運動を働子に起さしむる如き一種の「ラッチェット、からくり」を**「エスケープメント」**と名付く。「エスケープメント」は之れを和譯すれば遁走の意味となる。是れ蓋し働子の運動を停止せんとする被働子の隙を窺ひつゝ、働子が遁走するものゝ如く考へ得られるからである。例へば第五百二十九圖に於てAは絕えず矢の示す方向に連續して回轉せんとしつゝある働子で、之れに $a, a', a''$ なる三つの突起を具へて居る。又Bは $G_1$ 及び $G_2$ なる導板に沿ふて滑動し得る被働子で、之れに $b, b'$ なる二つ

第五百二十九圖



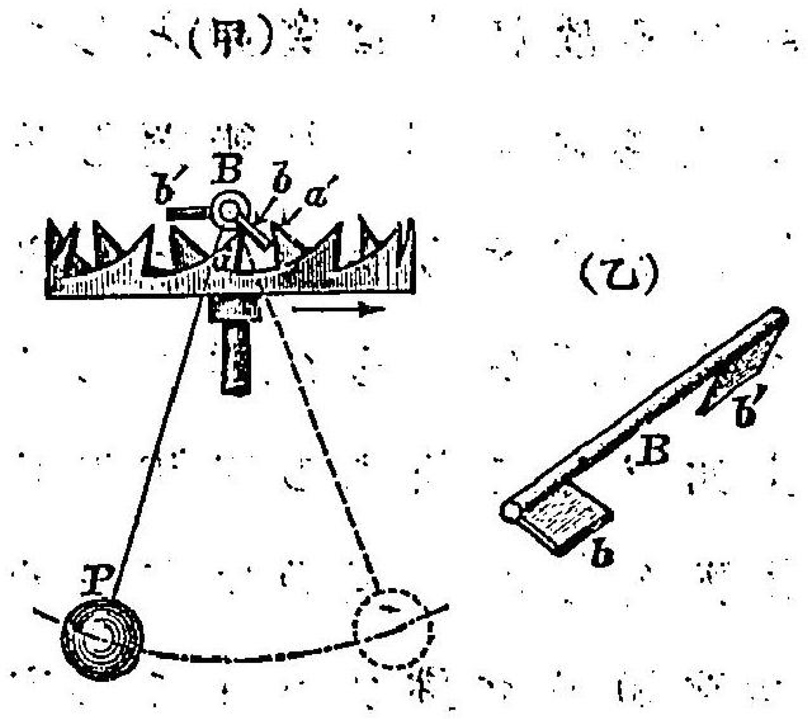



の突起を具へて居る。偖てAは絕えず矢の示す方向に一定の速度を以て回轉せんとすれど、圖の如く $b$ は $a$ と接してAの運動の防害をなすから、$a$ は $b$ を押しBは右方に逐ひやられるが暫くして $a$ は $b$ と離れ妨害は除去せられたる故に、Aは突如として急速の回轉運動を起すが直ちに $a'$ が $b'$ に衝突し、爰に於て復たAの運動は $b'$ に防害せらるゝことゝなるが、$a'$ は $b'$ を押しBは左方に逐ひやられ、暫くして $a'$ は $b'$ と離れ再びAは突如として急速の回轉運動を起すが、直ちに $a''$ が $b$ に衝突しAの運動は復た爰に妨害せられ、働子の力が被働子を逐ひやりて妨害を除去し得るに充分なる間は引き續き同一の作用を反復し、斯くして働子は間歇的の回轉運動をなし被働子は往復運動をなすのである。而して此例に示す如き「からくり」を「エスケープメント」と云ひ、働子の車Aを**逃げ車**と云ふのである。「エスケープメント」は時計類の「からくり」に應用され種々の構造はあるが次に其一二の例を示さう。

**251.** **冠車(カンムリグルマ)「エスケープメント」** 此「エスケープメント」は以前時計に應用されたるもので第五百三十圖(甲)に示す如き構造をなし、逃げ車は奇數の鋸歯狀の突起を具ふる皿形の車、所謂冠車で「ぜんまい」或は

重錘の力によりて常に矢の示す向きに回轉せんとしつゝあるのである。Bは振子(フリコ)Pを具ふる被働子で(乙)圖に示す如き形状をなし、$b$及び$b'$なる二つの突起を有し此等の突起の各々が逃げ車の直徑の兩端に來る齒の運動を交互に防害する作用をなすのである。倩て圖に示す位置に於ては逃げ車の突起$a$がBの突起$b$を押しやる故にPは右方に振られ暫くして$a$は$b$と離れ突如として急速の運動を起せど直ちに$a$と正反對の側にある逃げ車の突起$a'$がBの突起$b'$に衝突し、$a'$は$b'$を押しやる故にPは左方に振られ暫くして$a'$は$b'$と離れ突如として急速の運動を起せど直ちに$a$の次の突起が$b$に衝突し同一の作用を反復し逃げ車は間歇的に順次矢の示す向きに回轉し振子は絶えず左右に振動するのである。凡て振子が振動をなすに要する時間は振子の長さBPにのみ因るもので、BPが一定ならば振幅の大小に係らず一定なるものであるから逃げ車の回轉速度は

第五百三十圖

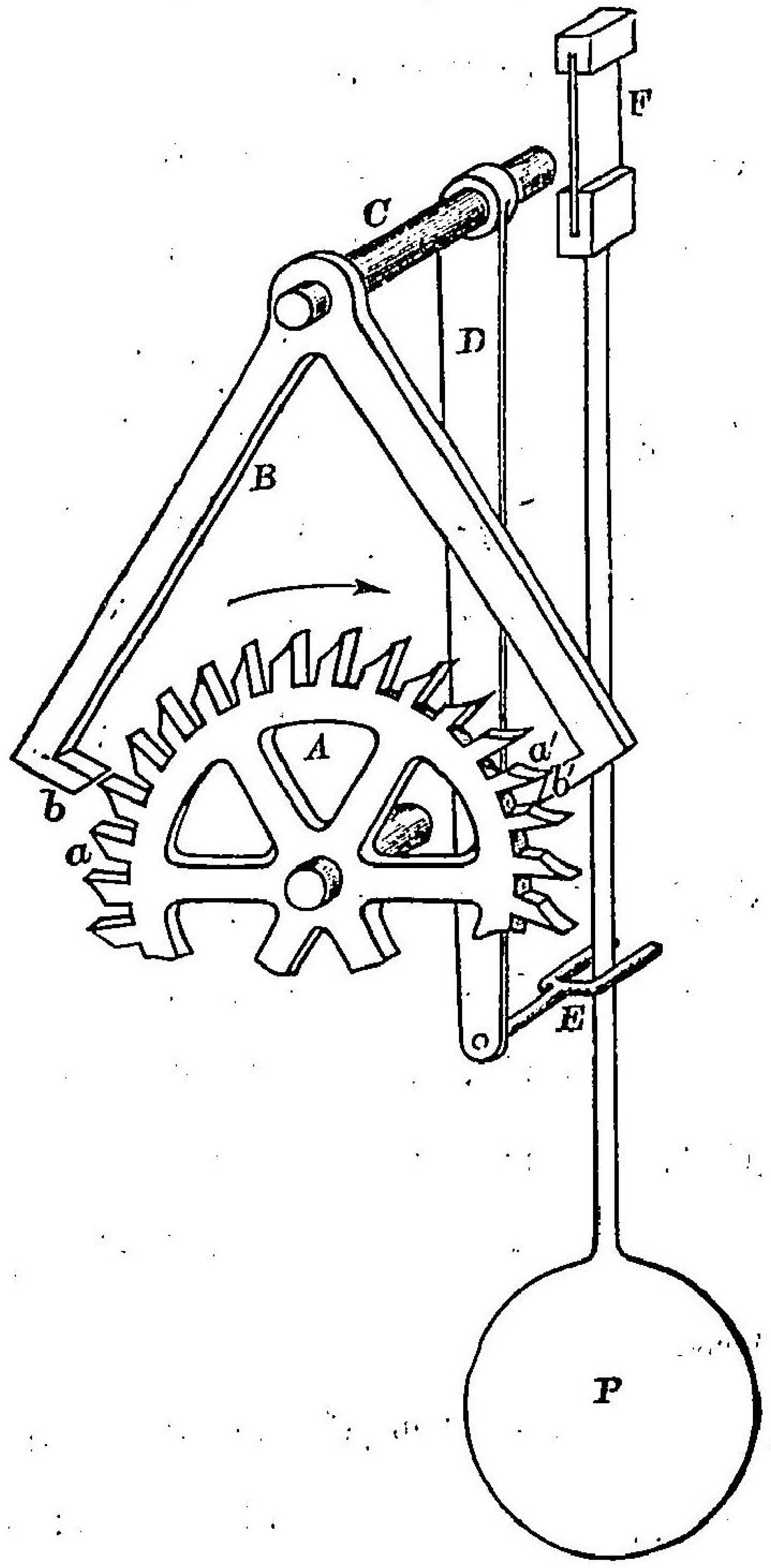





BPの長さ一定ならば常に一定なるものである。夫故時計には「エスケープメント」を利用して機械的に振子を振らしめ逃げ車の回轉は齒車の連鎖によりて之れを時針及び分針に傳へ其等をして等時的の回轉をなさしむるのである。懷中時計の如き振子の應用し難きものは「エスケープメント」を利用して振り車を振らしめる。振り車は車自身の慣性と小なる「ぜんまい」の力とによりて左右に振り廻はる車で等時性なることは振子と同じで時間の長短の修正は「ぜんまい」の長さを加減し振り廻はる範圍の增減によりて行ふことゝ吾人の善く知る所である。

**252. 「アンクルエスケープメント」** 此「エスケープメント」は現今の時計に廣く應用されて居るもので「アンクル」は之れを和譯すれば錨を意味す。蓋し被働子の形状錨に似る故に此名があるのである。第五百三十一圖は此「エスケープメント」の略圖で、Aは重錘或は「ぜんまい」の力によりて常に矢の示す向きに回轉せんとしつゝある逃げ車、Bは錨形の被働子である。圖に示す位置に於てはAの突起$a'$がBの突起$b'$を押しやる故にBは右方に搖動し暫しくて$a'$は$b'$と離れAは突如として急速の運動を起せど直ちに反對側にあるAの突起$a$がBの突起$b$に

第五百三十一圖




衝突し、$a$は$b$を押しやる故にBは左方に搖動し、暫くして$a$は$b$と離れAは突如として急速の運動を起せど直ちに$a'$の次の突起が$b'$に衝突し之れを押しやる故にBは右方に搖動し絶えず同一の作用を反復し、Aは間歇的に順次に矢の示す向きに回轉し、Bは左右に絶えず搖動する。然るにBの搖動は軸C及びD,Eなる中間物の仕掛けによりて振子Pを振るべく造られてある故に、Bの搖動はPに振動を與へるのであるか



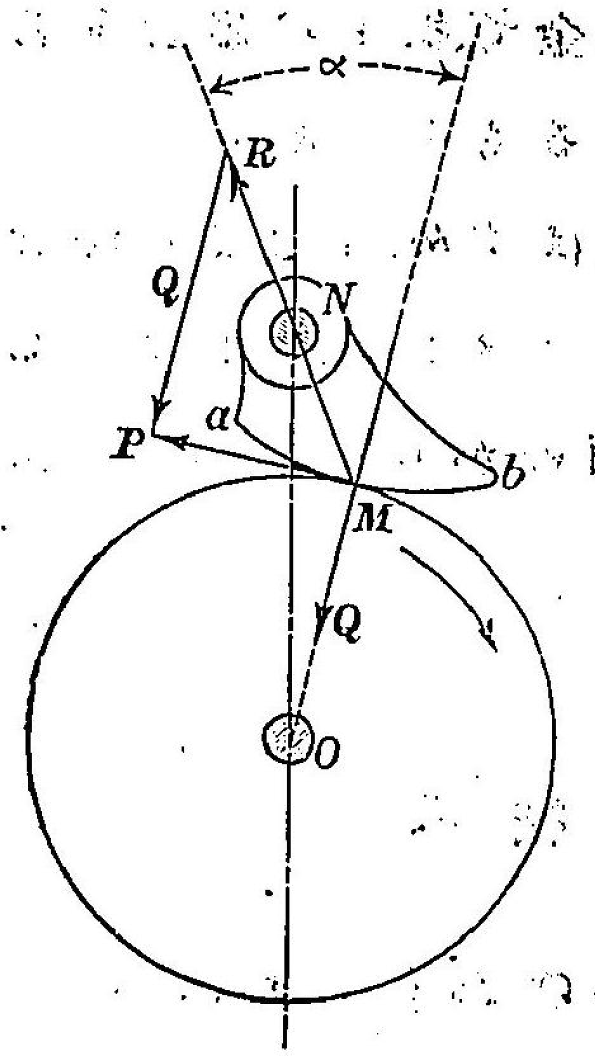
ら、前節に述べた如くAの回轉は等時的となる。Fは振子を吊る彈力ある薄き板金で振子の運動を自由ならしめん爲に置かれてあるものである。

振子を振り或は振り車を廻はす外、目覺まし時計の鐘を打つ仕掛けに「エスケープメント」を用ゐる如く、「エスケープメント」は時計類の「からくり」として甚だ貴重なものである。

## 第三　摩擦摑み

253. **摩擦摑み**　摩擦摑みの「からくり」は亦「ラッチェットからくり」の一種で「クリック」と「ラッチェット」の其れと全く同じであるが、只異なる所は後者は「クリック」が「ラッチェット」車の齒の間に落ち込み被働子に斷乎たる運動を與へ、又は働子の運動を絶對に防止する[248節參照]に反し、前者は摩擦力によりて同一の目的を果たすものであるから、被働子に運動を與へ又は働子の運動を防止するとも、其作用斷乎たることなき故に甚だ穩やかである。「ラッチェット」車は一種の齒車であるが、摩擦摑みに用ゐる車、所謂**摑み車**は表面平滑なる圓板車か或は溝付圓板車である。第五百三十二圖に示すは表面平滑なる摑み車より成る摩擦摑

第五百三十二圖に於て O は攫み車の軸, N は「クリック」に相當する攫み指と名付くるものゝ軸で、攫み指が攫み車に接觸する表面 $aMb$ は二點 O.M を結ぶ直線の延長線上に中心を有する圓弧であるから、接觸點 M は必ず中心線 ON の以外にあることは明である。




又攫み指の半徑は $Na$ より $Nb$ に至るに從ひ次第に大となるが、ON の距離は一定不變であるから、攫み車が矢の向きに回轉するは自由なれど、逆回轉せんとすれば摩擦力によりて攫み指は左方に運ばれんとし半徑の次第に大となる部に於て接觸せんとする故に、爰に大なる壓力を起し、因て生ずる大なる摩擦力によりて逆回轉せんとする運動は防止せらるゝのである。此作用は攫み指が働子なる場合にも無論同一である。

偖て接觸點 M に於て車と指との間の壓力を Q とし摩擦係數を $\mu$ とすれば車の周圍に接して働く摩擦力は $\mu Q$ である。今車の周圍に働く外力を P とすれば摩擦力によりて運動を防止せんためには $\mu Q$



は P に等しきか或は大ならねばならぬ。即ち摩擦攫みの目的を遂せんには是非とも

$$\mu Q \geqq P$$

或は

$$\mu \geqq \frac{P}{Q}$$

P を OM 及び MN の方向に分解すれば、OM の方向の分力 Q は P と $\mu Q$ とが丁度釣合へる場合に於て壓力 Q に等しく、MN の方向の分力 R は攫み指の軸を壓す力を示す。而して OM の延長線が MN となす角を $\alpha$ とすれば、R が Q となす角も亦 $\alpha$ であるから

$$\frac{P}{Q} = \tan\alpha$$

此値を上式に代入すれば、

$$\mu \geqq \tan\alpha$$

然るに摩擦角を $\rho$ とすれば上巻公式(36)に於て、

$$\mu = \tan\rho$$

故に

$$\tan\rho \geqq \tan\alpha$$

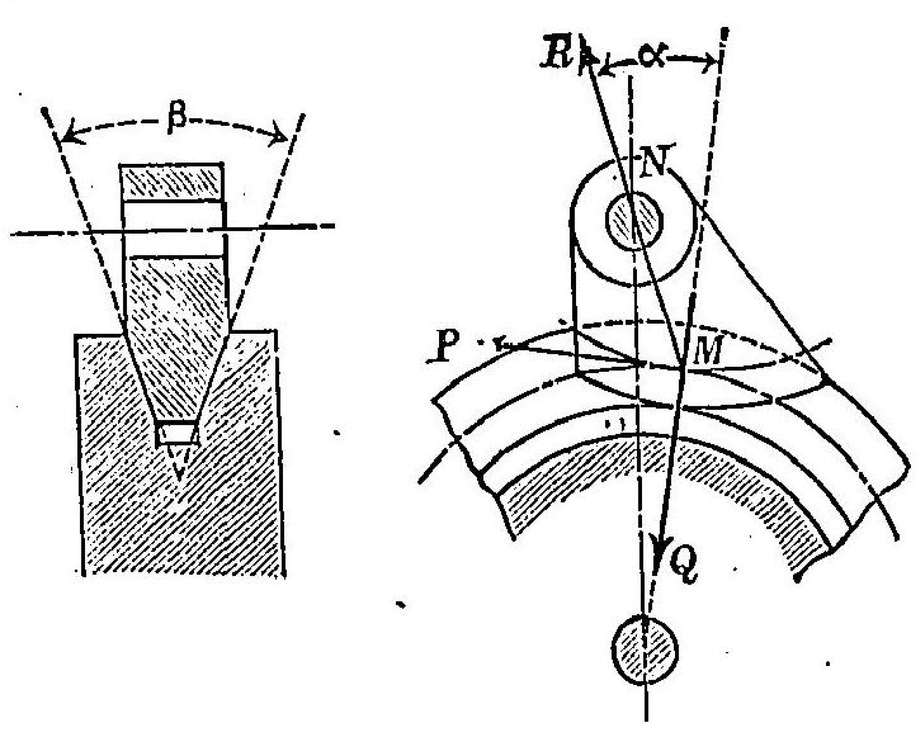
或は

$$\alpha \leqq \rho \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(215)$$

即ち摩擦攫みの働きをなす爲には角 $\alpha$ は摩擦角に等しきか或は小ならねばならぬ。夫故二つの材料を共に鑄鐵とすれば $\mu$ は約 0·15 であるから角 $\alpha$ は約 8 度或は 8 度以下ならねばならぬことゝなる。

然し角$\alpha$が8度或は8度以下の如く小なる時は、外力Pの一定の値に對し壓力Qは著しく大となり、接觸する表面を損傷し構造も亦至難となる。そこで$\alpha$を增す方法として、摩擦係數を大ならしめんが爲に掴み指の表面に革を張ることもあるが、最良の方法は車の周圍にV字形の溝を造りて所謂溝付車にし楔の作用を應用して摩擦力を大ならしむることである(第五百三十三圖)。斯くすれば溝付摩擦車[中卷151節]に於けると同じく摩擦係數$\mu$は增して$\dfrac{\mu}{\sin\frac{\beta}{2}+\mu\cos\frac{\beta}{2}}$となるから、$\mu \gtreqless \tan\alpha$なる關係は次の形となる。但し此等に於て$\beta$は溝の角である。

第五百三十三圖




$$\frac{\mu}{\sin\frac{\beta}{2}+\mu\cos\frac{\beta}{2}} \gtreqless \tan\alpha$$

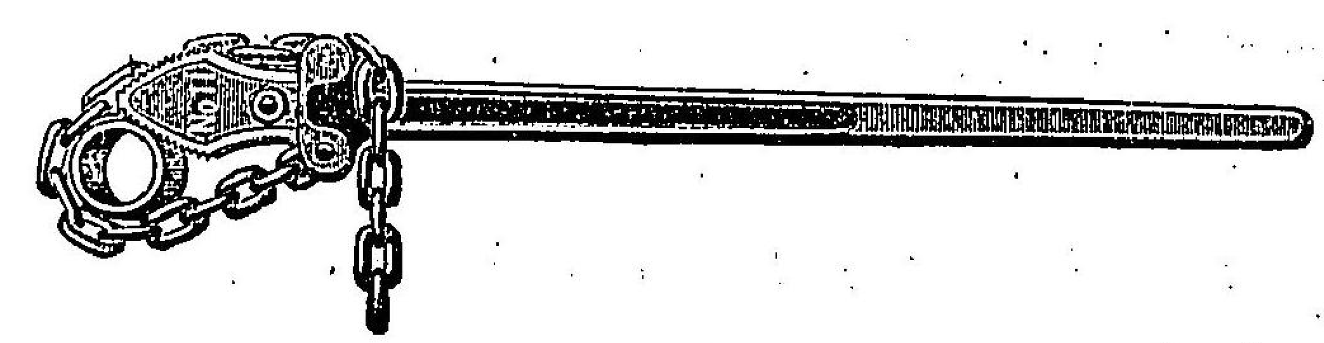
角$\beta$は通常20度乃至30度に造るから斯くすれば材料を鑄鐵として角$\alpha$は約20度となる。掴み指の長さNMは普通掴み車の半徑の0·3倍位に造る。



摩擦掴みの用途は「クリック」及び「ラッチェット」の其れと同じであるが、「クリック」及び「ラッチェット」と異なり其作用滑かで、衝擊等を起さず音響を發せず、甚だ靜穩であることは機械の運動として好ましきものであるけれど、構造至難であるが上に其働きが直働的ならずして時に或は働きを失する恐れもありて、充分信頼することの出來ぬ危惧あるが故に、假令作用滑かならずして衝擊を起し音響を發して靜穩ならずとも、作用が直働的で決して働きを失する危惧なきために寧ろ「クリック」と「ラッチェット」の「からくり」の方が、摩擦掴みよりも好んで諸種の機械に應用されて居る。

第五百三十四圖に示すは細き瓦斯管、蒸汽管の如き管を掴みて扭ぢるに用ゐらるゝ管扭(クダネ)ぢと稱する道具であるが、何故に此物が管を堅く掴み得るかの

第五百三十四圖



原理は、其構造を一目して直ちに摩擦掴みの其れと同じであることが推測せられやう。

# 第四　摩擦制動機

**254. 摩擦制動機**　**摩擦制動機**の「からくり」は亦一種の「ラッチェット」からくりで、摩擦掴みと同しく摩擦力によりて機械の運動を防止する作用をなすものであるが、其異なる所は摩擦掴みに於ては掴み指が自働的に働き一定の摩擦力を以て掴み車の運動を停止せしむるものであるに反し、摩擦制動機に於ては摩擦力の大さを隨意に加減し得らるゝ故に、車の運動を停止し得るは勿論運動の速度を任意に調整することが出來るのである。故に機械類が運動する速度を加減する必要ある場合に用ゐられ、殊に荷物の昇降の速度を調整し車の回轉速度を調節するに極めて好適なるものであるから、釣揚げ機械類、汽車、電車、自動車、自轉車等に廣く應用されて居る。「クリック」と「ラッチェット」の「からくり」も摩擦掴みと同じく運動を停止することは出來るが、速度の加減は出來ぬものである。釣揚げ機械には通例「クリック」及び「ラッチェット」と摩擦制動機とが幷用せられ、荷物の停止には「クリック」及び「ラッチェット」によりてし、降下する速度の



加減には制動機を用ゐんとする仕組みである。要するに或る速度を以て運動せる物體を突如に停止することは絕對に避けねばならぬ。何となれば運動せる物體は必ず或る大さの動「エネルギー」を有するものであるから、其れを突如に停止する時は動「エネルギー」の全部は一時に仕事となりて現はれ[上卷23節]、或は機械を破壞し或は大なる衝擊を起し、甚しきは人畜の死傷を招く等の如き絕大の仕事をなし危險云ふべからざるものである。高速度を以て運動する質量大なる物體例へば汽車の如き、自動車の如き、昇降機の如きは隨つて大なる動「エネルギー」を有する故に、此等を停止せんとする場合は殊に大なる注意を要するものである。此等に人畜を搭載せる場合には尙ほ一層の注意を要すること論を俟たない。「クリック」と「ラッチェット」の「からくり」は運動を停止せしむる作用突如であるが、摩擦を以て停止せしむるものは物體が假令大なる動「エネルギー」を有するとも其れが摩擦力に抵抗されて次第に失はれ、同時に速度は次第に減少し「エネルギー」の全部が失はれたる時に始めて靜止することゝなるから、制動機が作用したるより物體の靜止するまでには或る時間を要し、決して突如たることはなく隨つて危險は起

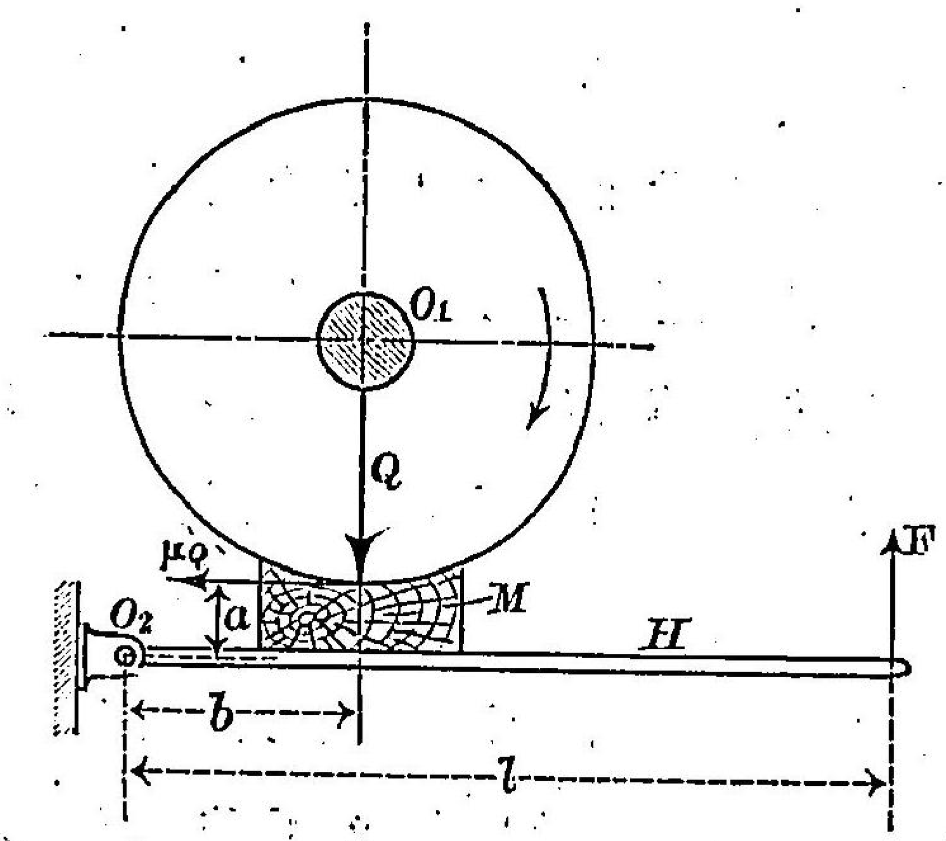
らぬものである。此等の說明により摩擦制動機の「からくり」が物體の運動を停止せしむる仕掛けとして如何に貴重であるかと云ふことゝ如何なる場合に應用さるゝものであるかゞ充分に了解せられたであらう。

摩擦制動機にも亦種々の異なる構造はあるが、次に述ぶる三種は其最も重なるもので、且つ最も普通のものである。

**255. 枕(マクラ)制動機** 摩擦制動機中で構造の最も簡單なるは**枕制動機**である。第五百三十五圖に示す如く$O_1$を軸として回轉する圓板車一名**制動車**の周圍に一個或は二個の木或は鐵の枕Mを壓し付け摩擦力によりて制動車の回轉速度を調整し又は之れを停止せしむるものである(圖に示すは一個の枕を壓し付くる構造であるが、二個の枕を用ゐる場合は多くは制動車の直徑の兩端に向かひ合はせて壓し付ける構造にする)。枕即ち**制動枕**は$O_2$を軸として動く把手Hの一部に固定し置き、把手に力を加ふれば壓し付けらるゝ仕掛けにする。偖て制動車の周圍に働く外力をPとし枕の壓力をQ,摩擦係數を$\mu$とすれば摩擦力は$\mu Q$であるから制動車の運動を停止し得るためには$\mu Q$は少なくとも P に等しか



第五百三十五圖




らねばならぬ。即ち

$$\mu Q \geqq P$$

或は

$$Q \geqq \frac{P}{\mu}$$

把手に幾何の力Fを加ふれば枕の壓力Qを生ずるかを知るには把手の釣合ひを考へねばならぬ。そこで、把手は、把手の軸$O_2$より$l$,$b$及び$a$の距離に於て夫々外力F,壓力Q及び摩擦力$\mu Q$が圖に示す如く作用して釣合ひにあるのであるから、

$$Fl+\mu Qa-Qb=0$$

或は

$$F=Q\frac{b-\mu a}{l}$$

之れに上式のQの値を代入すれば、

$$F \geqq P\frac{b-\mu a}{\mu l}$$

或は

$$F \geqq P\frac{b}{l}\left(\frac{1}{\mu}-\frac{a}{b}\right) \cdots\cdots\cdots\cdots (216)$$

制動車が圖と反對の向きに回轉すれば摩擦力$\mu Q$も亦圖と反對の向きに働くことゝなるから、力Fは變じてF'となり其大さは次の式を以て表はさるゝ

ことは明白である。

$$F' \geqq P\frac{b}{\ }\left(\frac{1}{\mu}+\frac{a}{b}\right) \cdots\cdots\cdots\cdots (216a)$$

以上の二式を見るにF'は常にFよりは大である。夫故同一程度に制動車の運動を制するに、圖の如く回轉せる場合よりも逆回轉せる場合の方がより大なる力を要するのである。殊に、圖の如く回轉せる場合に若し$\frac{1}{\mu}-\frac{a}{b}$が零か又は負となれば、Fは零か又は負となるから外力Fを加へずとも、枕は自働的に壓し付けられて制動車の運動は絶えず防止せらるゝものである。尚ほ詳しく調べて見るに、

$$\frac{1}{\mu}-\frac{a}{b} \leqq 0$$

$$\frac{1}{\mu} \leqq \frac{a}{b}$$

或は

$$\frac{b}{a} \leqq \mu$$

即ち$\frac{b}{a}$なる比が$\mu$よりも大ならざる如き構造の制動機は、自働的に制動の機能を具ふるものである。然し斯かる制動機は速度の調節至難なるが上に、逆回轉するを制するには却て大なる力を要するものであるから、成るべく斯かる構造は避くるが肝要である。

摩擦力$\mu Q$の方向が把手の軸$O_2$を通る第五百三

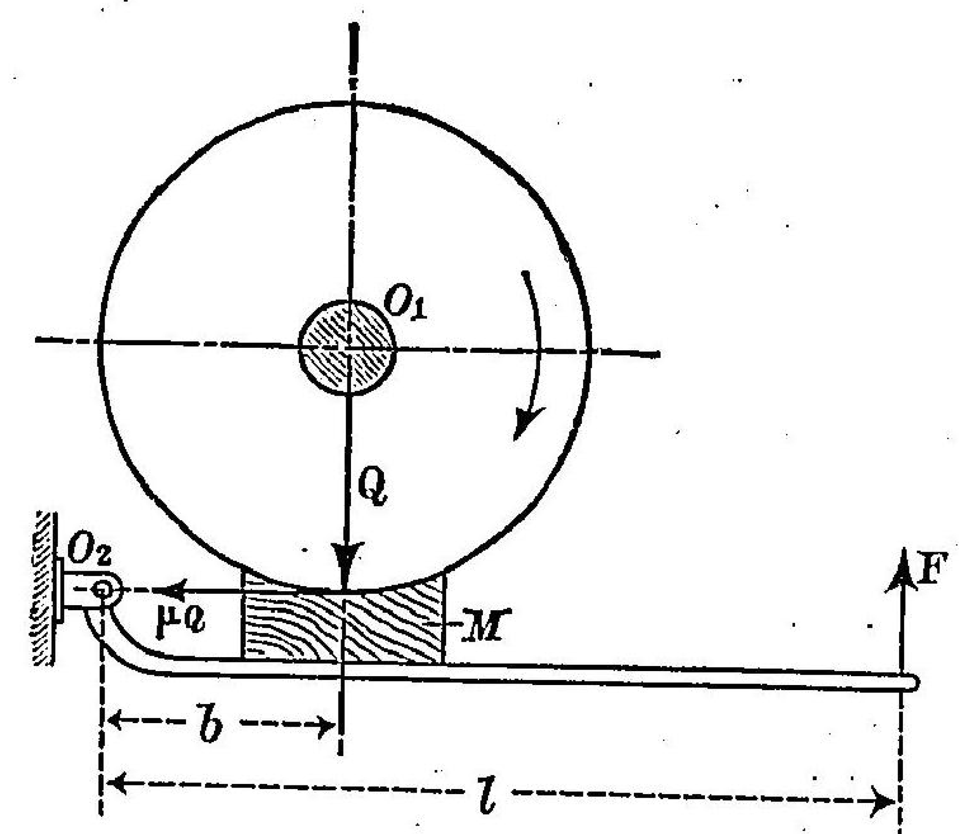


十六圖に示す如き構造にすれば、$a=0$となるから公式(216)及び(216a)に於て$a=0$と置けば、

$$\left.\begin{aligned} F &\geqq P\frac{b}{\mu l} \\ F' &\geqq P\frac{b}{\mu l} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots (216b)$$

及び

第五百三十六圖




となり、制動車を如何なる向きに回轉するも外力Fの値は一定となる。夫故屢々逆回轉するの必要ある機械に於て、一定の力を以て制動を遂げんには斯かる構造の制動機を用ゐる。

摩擦係數$\mu$の値は、鐵が木或は革と接する場合ならば約0·5, 鐵と鐵と接する場合ならば表面の狀況により0·18乃至0·25である。又手働制動機ならば手力Fが80「ポンド」以下なる樣にせねばならぬ。

楔の作用を利用して摩擦力を大ならしめんがため、制動車の周圍にV字形の溝を造り、之れに枕を壓し

込ましむる構造のものもある。然る時は摩擦係數は增して $\dfrac{\mu}{\sin\dfrac{\beta}{2}+\mu\cos\dfrac{\beta}{2}}$ となること、總て摩擦摑み[253節]に於けると同じである。而して溝の角 $\beta$ は通常20度乃至30度である。

例一、150呎「ポンド」の「トルク」を以て回轉する第五百三十五圖に示す如き直徑12吋の制動車あり。$a=1$ 吋, $b=3$ 吋, $l=25$ 吋ならば制動に要する力 F 及び F′ を求む。但し摩擦係數を 0·5 とせよ。

解、$150^{\text{呎ポンド}}=150\times12=1{,}800^{\text{吋ポンド}}$

故に　$P=\dfrac{1800}{\dfrac{12}{2}}=300^{\text{ポンド}}$

依て　$F\geqq P\dfrac{b}{l}\left(\dfrac{1}{\mu}-\dfrac{a}{b}\right)=300\times\dfrac{3}{25}\left(\dfrac{1}{0{\cdot}5}-\dfrac{1}{3}\right)$

$=60^{\text{ポンド}}$

$F'\geqq P\dfrac{b}{l}\left(\dfrac{1}{\mu}+\dfrac{a}{b}\right)=300\times\dfrac{3}{25}\left(\dfrac{1}{0{\cdot}5}+\dfrac{1}{3}\right)$

$=84^{\text{ポンド}}$

例二、前例の制動機が第五百三十六圖に示す如き構造ならば如何。

解、$F=F'\geqq P\dfrac{b}{\mu l}=300\times\dfrac{3}{0{\cdot}5\times25}=72^{\text{ポンド}}$

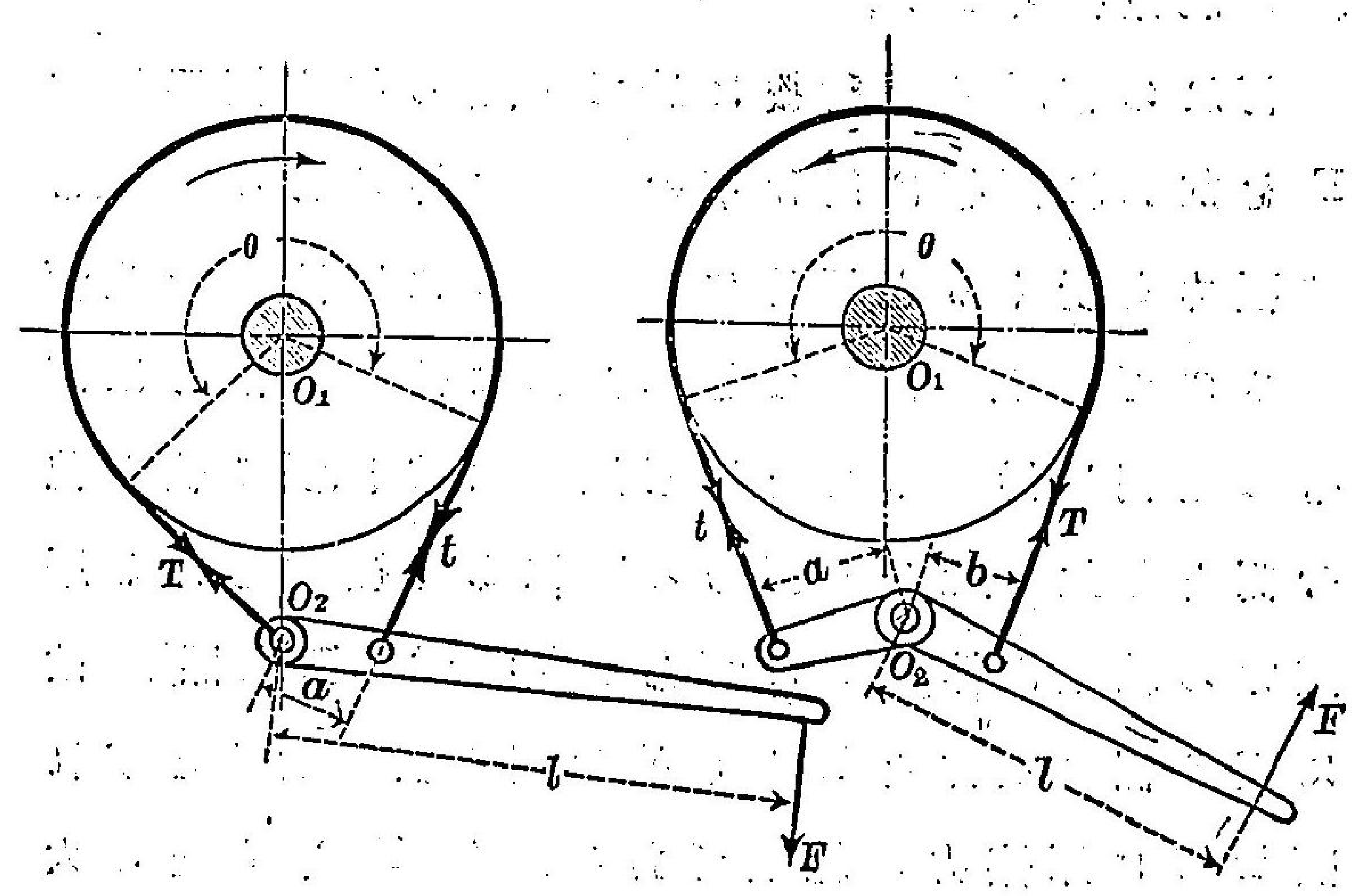
**256. 帶締め制動機**　帶締め制動機は制動車の



周圍に**制動帶**と名付くる鍊鐵或は鋼の薄き帶を卷き、把手を以てこれを車の周圍に締め付け生ずる摩擦力によりて制動車の回轉速度を調整し或はこれを停止せしむる作用をなすものである。即ち此「からくり」は撓性體を含む「ラッチェット、からくり」の一種である。

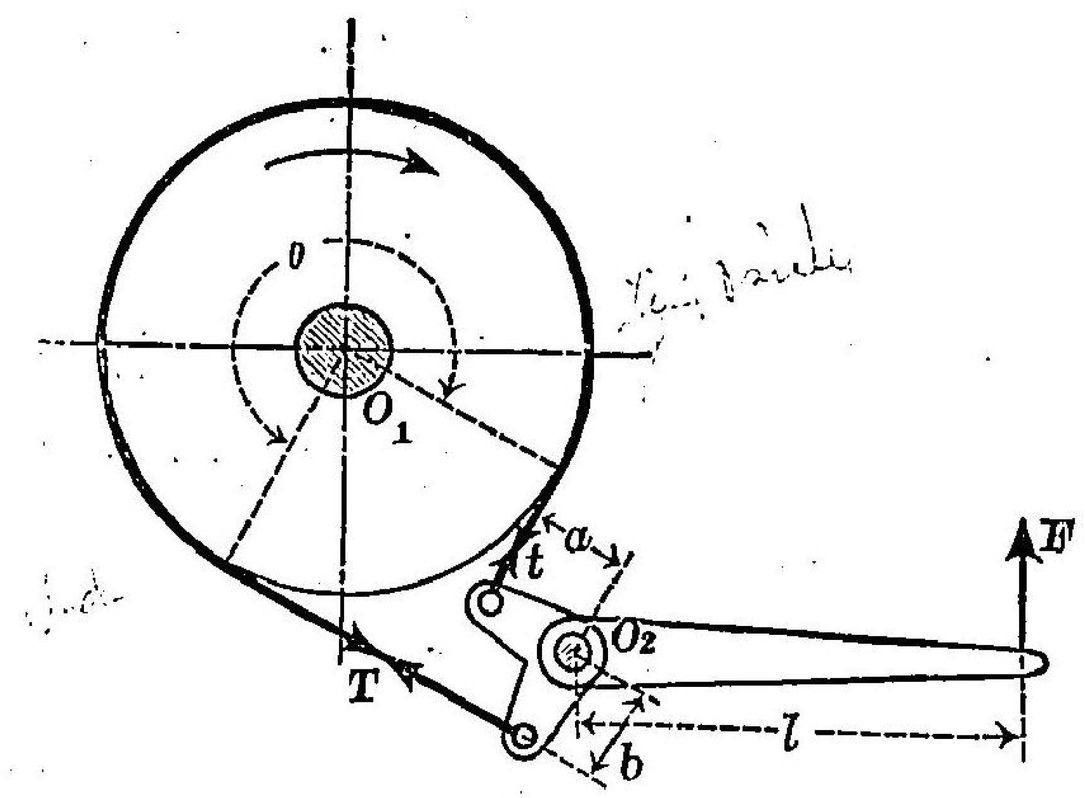
制動帶を把手に取付ける仕方により帶締め制動機に三種の別がある。一は第五百三十七圖に示す如く帶の一端を把手の軸 $O_2$ に固定せしめたるものてこれを**單働帶締め制動機**と云ひ、一は第五百三十八圖に示す如く帶の兩端を把手の軸 $O_2$ の兩傍に取

第五百三十七圖　　第五百三十八圖



付けたるもので之れを差働帶締め制動機と云ひ、他の一は第五百三十九圖に示す如く帶の兩端を共に

第五百三十九圖




把手の軸の同傍に取付けたるもので之れを和働帶締め制動機と云ふ。

何れの帶締め制動機に於ても、圖の如く把手に力Fを加ふれば帶は制動車の周圍に締め付けられ、帶は張力を受くると同時に車の周圍に摩擦力を生ずるものである。而して帶の兩端に生ずる張力は調帶の兩側に働く張力と同じ原理に基き、張る側と弛む側とを生じ、此等の張力の差は即ち發生したる摩擦力の總量に等しいのである[中卷203節參照]。故に張る側の張力をTとし弛む側の張力を$t$とすれば$T-t$は摩擦力の總量であるから、Tと$t$との大



さが夫々に於て等しからば、帶締め制動機の構造は如何なりとも制動力は皆等しきものである。然し例令制動力は等しくとも、把手に加ふべき力Fは帶を把手に取付ける仕方によりて大小の相違を生ずることは見易き理である。是れ帶締め制動機を上記の三種に區別したる所以である。

偖てTと$t$との關係は調帶に於ける其れと同一であるべきは無論のことであるから、中卷公式(178)乃至(181$a$)に示した如く

$$\frac{T}{t}=e^{\mu\theta}\ldots\ldots\ldots\ldots(217)$$

或は
$$\log_e\frac{T}{t}=\mu\theta$$

又は
$$\log\frac{T}{t}=0{\cdot}4343\mu\theta$$

$\mu$は摩擦係數、$\theta$は弧度を以て與ふべき接觸角である。或は$\theta$を度にて與ふれば

$$\log\frac{T}{t}=0{\cdot}007578\mu\theta^{\circ}\ldots\ldots\ldots\ldots(217a)$$

又は全圓周に對する接觸弧の割合或は360度に對する接觸角の割合を$x$とすれば、

$$\log\frac{T}{t}=2{\cdot}729\mu x\ldots\ldots\ldots\ldots(217b)$$

而して制動車の周圍に働く外力をPとすれば、制動の目的を達し得るためには摩擦力は少なくともP

に等しからねばならぬ。然るに摩擦力は $T-t$ に等しいのであるから少なくとも

$$T-t=P$$

故に中卷公式(180)と同じき次の結果を得。

$$\left.\begin{aligned} T&=P\frac{e^{\mu\theta}}{e^{\mu\theta}-1} \\ t&=P\frac{1}{e^{\mu\theta}-1} \end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots(218)$$

制動車は通例鑄鐵で帶は錬鐵或は鋼であるから $\mu$ の値は約0·18である。大なる機械に用ゐる制動機に於ては摩擦力を大にし從て制動力を大ならしめんがために帶の內面に木片を縫ひ付くることがある。斯くすれば $\mu$ は0·25乃至0·4になる。

$x$ と $\mu$ との種々の値に對する $e^{\mu\theta}$ の値を次表に示す。尚ほ中卷第六表(297ページ)を參照すべし。

| | $\frac{T}{t}$ 即ち $e^{\mu\theta}$ の値 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 接觸角の割合, $x$ | 0·3 | 0·4 | 0·5 | 0·6 | 0·7 | 0·8 | 0·9 |
| $\mu=0{\cdot}18$ | 1·40 | 1·57 | 1·76 | 1·97 | 2·21 | 2·47 | 2·77 |
| $\mu=0{\cdot}25$ | 1·60 | 1·87 | 2·19 | 2·57 | 3·00 | 3·51 | 4·11 |
| $\mu=0{\cdot}4$ | 2·13 | 2·73 | 3·51 | 4·52 | 5·81 | 7·47 | 9·60 |

多くの構造に於ては $x=0{\cdot}7$ が普通である。

今把手の軸 $O_2$ より $T$, $t$ 及び $F$ に到る距離を夫々



$b$, $a$ 及び $l$ とし、把手の釣合ひを考ふるに單働帶締め制動機に於ては(第五百三十七圖)

$$Fl-ta=0$$

或は
$$F=t\frac{a}{l}\cdots\cdots\cdots\cdots(219)$$

逆回轉すれば $t$ と $T$ とが入り代はる故に此時要する力を $F'$ とすれば

$$F'=T\frac{a}{l}\cdots\cdots\cdots\cdots(219a)$$

差働帶締め制動機に於ては(第五百三十八圖)

$$Fl-ta+Tb=0$$

或は
$$F=\frac{ta-Tb}{l}\cdots\cdots\cdots\cdots(220)$$

逆回轉すれば $t$ と $T$ とが入り代はる故に、

$$F'=\frac{Ta-tb}{l}\cdots\cdots\cdots\cdots(220a)$$

和働帶締め制動機に於ては(第五百三十九圖)

$$Fl-ta-Tb=0$$

或は
$$F=\frac{ta+Tb}{l}\cdots\cdots\cdots\cdots(221)$$

逆回轉すれば $t$ と $T$ とが入り代はる故に、

$$F'=\frac{Ta+tb}{l}\cdots\cdots\cdots\cdots(221a)$$

此等の結果より考ふるに差働帶締め制動機に於ては

$$ta-Tb\gtreqless 0$$

$$\frac{a}{b}\gtreqless\frac{T}{t}$$

或は
$$\frac{a}{b}\gtreqless e^{\mu\theta}$$

なる時にFは零か又は負となり制動機が自働的に働くことゝなるが、斯の如きは調整に困難である上に逆回轉する場合の制動には却て大なる力を要する故に、斯かる構造にするは避くるが肝要である。又和働帶締め制動機に於て $a=b$ なる時は $F=F'$ となる故に、屢々逆回轉するの必要ある機械に於て一定の力を以て制動を遂げんには斯かる構造にするが良策である。

多くの制動機は $a$ を1吋乃至2吋にし、$b$ を $a$ の2·5倍乃至3倍にする。又帶の大さは張る側に起る張力Tに充分安全に耐え得べく、調革を設計すると同一の方法にて定むべきは明である[中卷204節參照]。但し許容內力は錬鐵製の帶ならば4,000乃至6,000ポンド/平方吋、鋼製の帶ならば8,500乃至11,000ポンド/平方吋に取れば好い。帶の厚さは$\frac{1}{16}$吋乃至$\frac{3}{16}$吋にし、幅は4吋以上にしてはならぬ。是れ帶の撓性を大ならしめんがためであつて、厚くして幅廣き時は帶は剛直となり締め付くるに餘分に大なる力を要することゝ



ゝなるからである。故に若し幅が4吋以上とならば之れを同じ幅の二枚に分割するか、又は帶の內面に木片を縫ひ付けて摩擦力を大にし自然幅が狹くなる樣にする。釣揚げ機械用の制動車の直徑は8吋乃至16吋が手頃である。

何れの帶締め制動機を設計せんとするにも先づ第一に制動車の主なる回轉方向を定め、其際力Fの小となる如き構造にする。例へば釣揚げ機械ならば荷物を降下する時に制動するを目的とするのであるから、降下する時の制動車の回轉方向を基としてFとF′とを計算して見て、其小となる方の構造にするのである。單働帶締め制動機に於ては必ず主なる回轉方向の張る側の帶の端を把手の軸に固定せしむるは之れが爲である。

例一、5馬力の釣揚げ機械に用ゐる鋼製制動帶の寸法を問ふ。但し制動車は直徑15吋にして毎分120回轉をなし、鑄鐵製とす。

解、制動車の線速度Vは

$$V=\pi DN=3\cdot14\times\frac{15}{12}\times120=471^{\text{呎}}/_{\text{分}}$$

故に中卷公式(149a)より制動車の周圍に働く外力Pは

$$P=\frac{33000\times HP}{V}=\frac{33000\times 5}{471}=350^{ポンド}$$

接觸角の割合 $\alpha$ は多くは 0·7 である。又摩擦係數 $\mu$ を 0·18 とすれば上に掲げた表により $\frac{T}{t}$ 即ち $e^{\mu\theta}$ の値は 2·21 である。故に

$$T=P\frac{e^{\mu\theta}}{e^{\mu\theta}-1}=350\times\frac{2\cdot 21}{1\cdot 21}=639^{ポンド}$$

許容内力 $f$ を 9,000ポンド/平方吋 とすれば帶の斷面積 A は上卷公式(53)に於て、

$$A=\frac{T}{f}=\frac{639}{9,000}=0\cdot 071^{平方吋}$$

帶の厚さ $s$ を $\frac{1}{16}$ 吋とすれば其幅 B は

$$B=\frac{A}{s}=\frac{0\cdot 071}{\frac{1}{16}}=1\cdot 17^{吋}\text{ 又は約 }1\frac{1}{4}^{吋}$$

即ち所要の制動帶の寸法は厚さ $\frac{1}{16}$ 吋, 幅 $1\frac{1}{4}$ 吋である。

例二、前例の制動機は單働帶締め制動機にして $a=1\frac{1}{2}$ 吋なりと云ふ。把手の長さを求む。但し手働と假定し手力 F をして 80「ポンド」を超えしむべからず。

解、 $F=t\frac{a}{l}$

然るに $t=P\frac{1}{e^{\mu\theta}-1}=350\times\frac{1}{1\cdot 21}=289^{ポンド}$



故に $l=\frac{ta}{F}=\frac{289\times 1\frac{1}{2}}{80}=5\cdot 41^{吋}$ 又は約 $5\frac{1}{2}^{吋}$

即ち把手の長さを少なくとも $5\frac{1}{2}$ 吋にすれば宜し。然し之れを逆回轉すれば、

$$F'=T\frac{a}{l}$$

故に $l=\frac{Ta}{F'}=\frac{639\times 1\frac{1}{2}}{80}=12^{吋}$

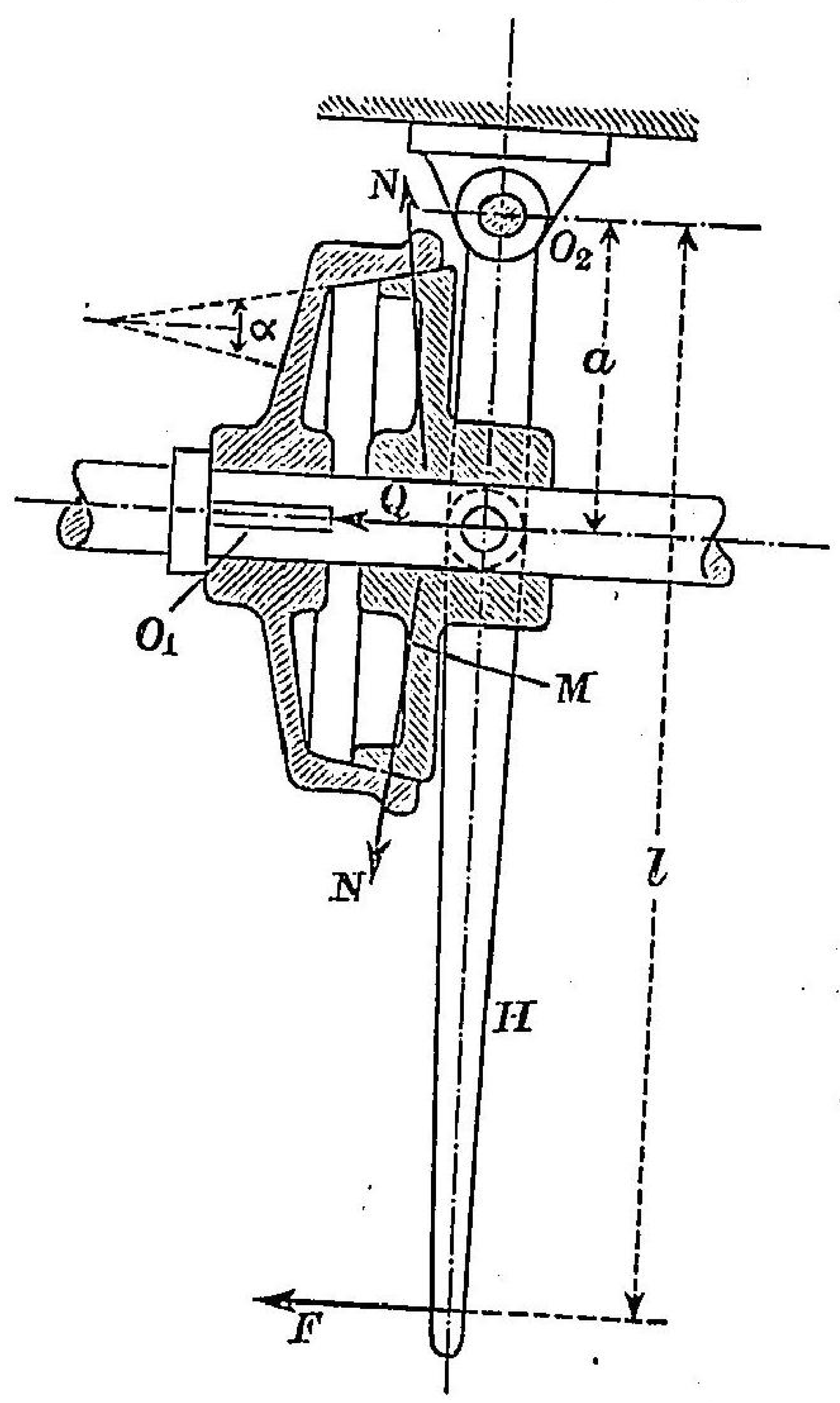
即ち同一の手力を以て制動するに逆回轉する場合には長さ 12 吋の把手を要す。つまり長さ $5\frac{1}{2}$ 吋の把手にては逆回轉の制動は出來ぬのであるから制動車が如何なる回轉をなすも制動し得るためには少なくとも長さ 12 吋の把手を備へ置かねばならぬ。然る時は逆回轉ならざる場合の手力は

$$F=t\frac{a}{l}=289\times\frac{1\frac{1}{2}}{12}=36^{ポンド}$$

即ち把手の長さ 12 吋ならば手力僅に 36「ポンド」にて制動し得るが逆回轉の際には 80「ポンド」の手力を要するのである。

**257. 圓錐制動機** 圓錐制動機は第五百四十圖に示す如く $O_1$ を軸とする圓錐形の制動車の内側に圓錐體 M を力 Q を以て壓し込む時は、接觸面に楔の

第五百四十圖




作用[上卷35節]を起し其摩擦力によりて制動車の回轉速度を調整し、或は之れを靜止せしむるものである。壓力Qは$O_2$を固定の軸とする把手Hに外力Fを加へて生ぜしむるのである。

偖てQなる力を以て圓錐體Mを制動車の內側に壓し込めば、圓錐面に直角にNなる壓力を生じ其大さは圓錐の頂角をαとすれば、中卷公式(150)により

$$N=\frac{Q}{2\left(\sin\frac{\alpha}{2}+\mu\cos\frac{\alpha}{2}\right)}$$

而して之れより生ずる摩擦力は圓錐の上下兩側に於て總て$2\mu N$であるから平均接觸面に作用する外力をPとすれば、制動の目的を達し得るためには$2\mu N$は少なくともPに等しからねばならぬ。即ち

$$2\mu N \geqq P$$



之れに上式のNの値を代入すれば、

$$\frac{\mu Q}{\sin\frac{\alpha}{2}+\mu\cos\frac{\alpha}{2}} \geqq P$$

或は

$$Q \geqq P\frac{\sin\frac{\alpha}{2}+\mu\cos\frac{\alpha}{2}}{\mu}$$

次に把手の釣合ひを考ふるため把手の軸$O_2$に對するQ及びFの「モーメント」を取れば、

$$Fl-Qa=0$$

或は

$$F=Q\frac{a}{l}$$

之れに上式のQの値を代入すれば、

$$F \geqq P\frac{a}{l}\cdot\frac{\sin\frac{\alpha}{2}+\mu\cos\frac{\alpha}{2}}{\mu} \qquad (222)$$

圓錐の頂角αは普通20度乃至30度、摩擦係數μは二つの材料を鑄鐵として0·18位、圓錐體Mの周圍に革を張りたる場合の如き革と鑄鐵とならば0·25位である。摩擦面の許さるべき壓力は二つの材料を鑄鐵とすれば40乃至45ポンド/平方吋、革と鑄鐵とならば7乃至8ポンド/平方吋とする。

此仕掛けは**摩擦「つがり」**なる名稱の下に軸の「つがり」としても應用せらる。

例一. 毎分250回轉をなし8馬力を傳ふる軸に装置する平均直徑12吋の手働圓錐制動機あり。

$a$は6吋にして手力Fを60「ポンド」以下たらしめんとす。把手の長さ$l$を求む。

解、前節例一に於ける如く

$$V=\pi DN=3.14\times\frac{12}{12}\times250=785^{呎}/_{分}$$

$$P=\frac{33000\times HP}{V}=\frac{33000\times8}{785}=336^{ポンド}$$

圓錐の頂角$\alpha$を20度とし摩擦係數を0.18とすれば

$$\frac{sin\frac{\alpha}{2}+\mu cos\frac{\alpha}{2}}{\mu}=\frac{sin10^\circ+0.18cos10^\circ}{0.18}$$

$$=\frac{0.174+0.18\times0.985}{0.18}=\frac{0.351}{0.18}$$

$$=1.95$$

故に　$F\gtreqless P\frac{a}{l}\cdot\frac{sin\frac{\alpha}{2}+\mu cos\frac{\alpha}{2}}{\mu}=336\times\frac{6}{l}\times1.95$

或は　$l\gtreqless336\times\frac{6}{F}\times1.95=336\times\frac{6}{60}\times1.95$

$$=65.5^{吋}\text{即ち}\ 65\frac{1}{2}^{吋}$$

即ち長さ$65\frac{1}{2}$吋以上の把手を要す。

例二、圓錐面の平均直徑16吋にして毎分900回轉をなし20馬力を傳ふる摩擦「つがり」を製造せんとす。摩擦面の幅を求む。但し一方の圓錐面には革を張り摩擦面の許容壓力は$8^{ポンド}/_{平方吋}$



とす。

解、中卷公式(149)に於て

$$P=\frac{33000\times HP}{\pi DN}=\frac{33000\times20}{3.14\times\frac{16}{12}\times900}=175^{ポンド}$$

摩擦係數を0.25とすれば

$$2\mu N=P$$

或は　$N=\frac{P}{2\mu}=\frac{175}{2\times0.25}=350^{ポンド}$

故に摩擦面の全面に及ぼす總壓力は

$$2N=2\times350=700^{ポンド}$$

此總壓力を受くる圓錐の總面積は摩擦面の幅をBとすれば、

$$\pi DB=3.14\times16\times B=50.3B^{平方吋}$$

依て　$50.3B\times8=700$

故に　$B=\frac{700}{50.3\times8}=1.74^{吋}$ 又は約 $1\frac{3}{4}^{吋}$

## 第四　問　題

1. 制動車の直徑20吋, $a=1$吋, $b=2\frac{1}{2}$吋なる第五百三十五圖に示す枕制動機により、200呎「ポンド」の「トルク」を制せんに80「ポンド」の手力を以てせんには、把手の長さを幾何にせば可なるか。但し逆回轉する場合にも制動を要するものとす。摩擦係

數を0·5として計算せよ。

**2.** 摩擦面の幅2吋にして毎分1,000回轉をなし10馬力を傳ふる摩擦「つがり」の圓錐面の平均直徑を問ふ。但し摩擦面の許容壓力を7ポンド/平方吋とし、摩擦係數を0·25とす。

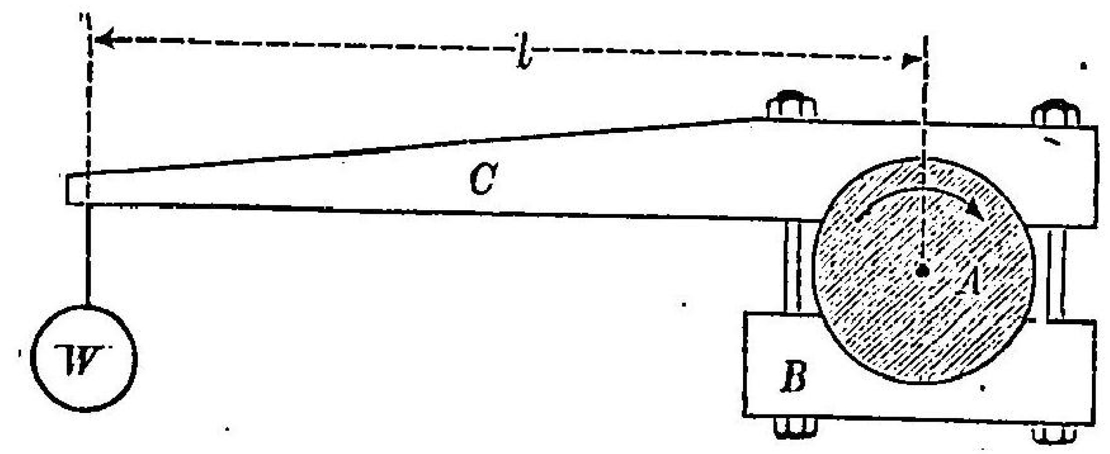
**3.** 第五百三十七圖に示す如き單働帶締め制動機あり。把手の軸より一方の帶に到る距離 $a=1\frac{1}{2}$ 吋、把手の長さ $l=36$ 吋、全圓周に對する接觸弧の割合 $x=0{\cdot}7$, 摩擦係數 $\mu=0{\cdot}18$, 制動車の直徑24吋、毎分の回轉數500ならば、此制動機に80「ポンド」の手力を加ふれば何馬力の機械が制動し得らるゝか。

逆回轉の場合をも併せ研究すべし。

**4.** 第五百四十一圖に示すは機械類の馬力を測定する仕掛けで、機械の回轉軸Aの上下より木塊B Cを壓し付け、Cを長く延ばして其一端に重量Wの重錘を吊り下ぐ。軸が回轉すればAとB并びにCとの接觸面に生ずる摩擦力の「モーメント」はWの「モーメント」と釣合ふ故に、Cが水平の釣合ひにある樣にWの重量を加減すれば、其軸の傳へつゝある馬力、所謂軸馬力或は正味馬力[中卷139節]を算出し得る譯で、原理は枕制動機と同一であるは明瞭である。今軸の回轉數を毎分100回轉、挺



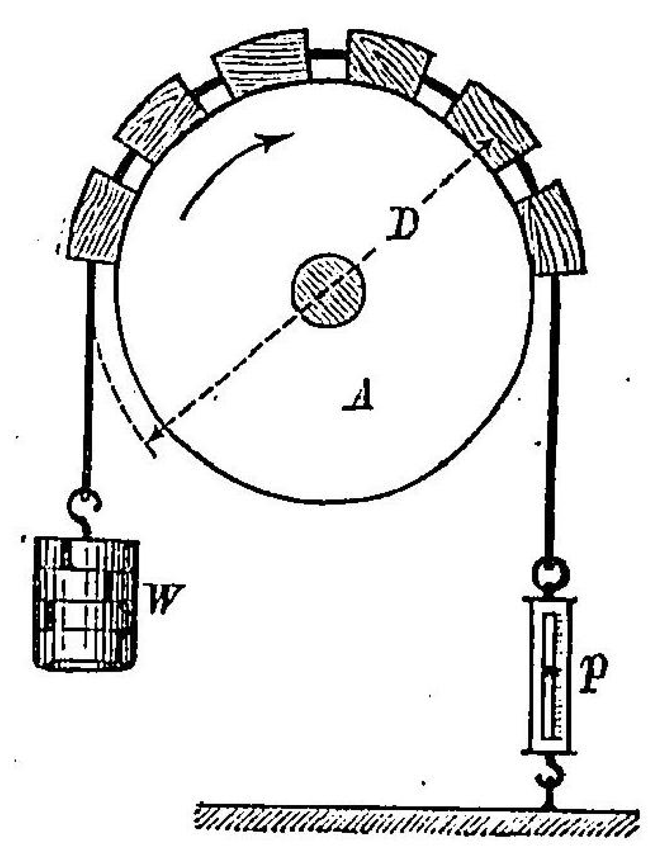
第五百四十一圖




子の長さ $l=10{\cdot}5$ 呎、重錘の重量 W=2,000「ポンド」ならば軸馬力は幾何なるか。

**5.** 第五百四十二圖に示すは機械類の軸馬力を測定する他の一の仕掛けで、機械の回轉軸と共に回轉する車Aの周圍に繩を以て連結したる多數の木塊を置き、繩の一端を固定し其處に「ばね-はかり」pを附し、他端に重錘Wを吊り下げ、Aを矢を以て示す向きに回轉せしめ圖の如き位置にて釣合ひにあらしめば、機械の働力は悉く木塊と車との接觸面に生ずる摩擦力となりたる理であるから、此摩擦力の大さを知り得れば軸馬力は測定せらるゝ筈で、原理は帶締め制動機と同一で

第五百四十二圖



あることは一目して明白である。今此仕掛けに於て繩の中心までの車の直徑をD呎,軸の回轉數を每分N回,重錘の重量をW「ポンド」,「ばね-はかり」の示す力をp「ポンド」とすれば,軸馬力或は正味馬力は次の式を以て表はさるゝことを證せ。

$$\text{軸馬力} = \frac{(W-p)\pi DN}{33,000}$$

6. 前問の仕掛けを每分250回轉をなす蒸汽機關「クランク」軸に裝置し,重量1,500「ポンド」の重錘を吊り下げたるに「ばね-はかり」は130「ポンド」を示して釣合ひを保ちたりと云ふ。正味馬力を問ふ。但し車の直徑30吋にして車の表面より繩の中心までの距離は1吋なり。

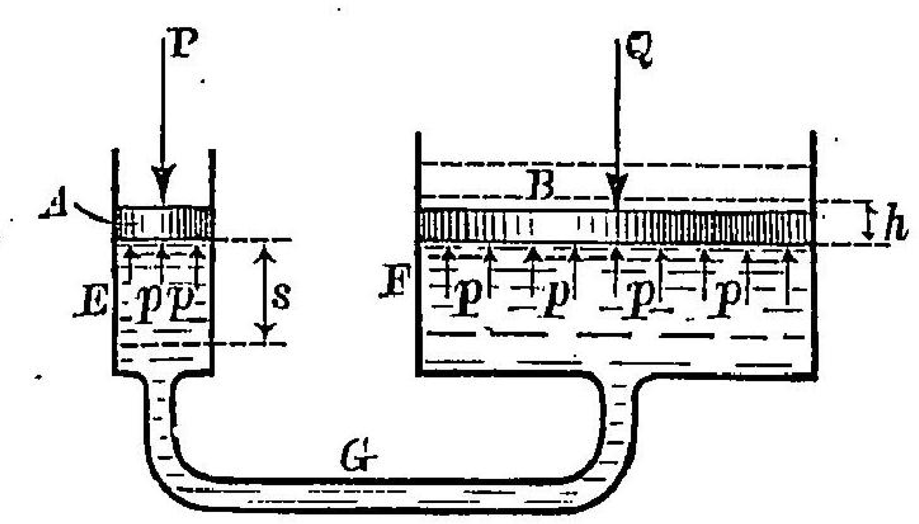
7. 前問の蒸汽機關の圖示馬力は110馬力なり。然らば此機關の機械的效率は如何[中卷139節參照]。

## 第三項　流動體「リンク」仕掛け

**258. 流動體「リンク」仕掛け**　本項に於ては,離れたる位置にある二つの動片の間に直接接觸に因らずして働力の傳送を遂ぐる其媒介となる中間の「リンク」として水,油,空氣,蒸汽の如き流動體を用ゐたるものに就いて述べんとするので,斯の如き仕掛けを總て**流動體「リンク」仕掛け**と呼ぶ。此「リンク」仕掛けの適例は水壓機,壓搾空氣機,蒸汽機關,石油機關,瓦斯機關,水車,蒸汽「タービン」,瓦斯「タービン」,水「タービン」等である。尤も水壓機,壓搾空氣機或は「ポンプ」の如き工作機の働子は原働機であるが,蒸汽機關,石油機關,水車の如き原働機の働子は自然界に存在する自然的働力である[中卷137節]。水,油の如き液體を用ゐたる水壓機,水車或は水「タービン」も,空氣,蒸汽の如き氣體或は瓦斯體を用ゐたる壓搾空氣機,蒸汽機關或は瓦斯「タービン」も,單に「リンク」仕掛けとして考ふれば兩者に於て異なる所はないが,働力傳送の作用について深く立ち入りて考ふる時は兩者の間に甚しき相違を見出すものである。何となれば水,油の如き液體は壓力によりて其容積を變へぬものであるが,空氣,蒸汽の如き氣體及び瓦斯體は壓力によりて大に其容積を變へるものである。即ち液體は彈性なく恰も剛體と同一であるが,氣體及び瓦斯體は甚しき彈性を具ふること恰も「ばね」と同一で,流動體に液體及び氣體の別あるは恰も固體に剛體及び彈性體の別あると毫も異なる所はないのである。然るに「ばね」,氣體及び瓦斯體の如き彈性を具ふる物質は

壓力を加ふれば歪み或は容積を變じ與へたる働力の一部を吸收する故に現に傳送さるゝ働力は與へたる働力よりも小となり、而して壓力を減ずれば原態に復する其際に前に吸收し置きたる働力を發生するものであるに反し、剛體及び液體の如き彈性なき物質は壓力によりて容積を變ぜぬ故に働力を吸收することなく、與へたる働力の全部が悉く傳送さるゝのである。例へば第五百四十三圖に於て「ピストン」A及びBを具ふる「シリンドル」E及びFをGなる管にて連結し、此中に水を充滿すれば壓力の大小如何に係らず此水の總容積は一定不變であるから、此裝置に使用する管、「シリンドル」及び「ピストン」が壓力によりて其形狀を變へぬ樣に造られ、且又水の漏泄が絶對に防止せられてあるとすれば、「ピストン」Aを「シリンドル」E中に$s$なる距離を壓し込めば「ピストン」Bは「シリンドル」F中に$h$なる距離を壓し上げられ、E中に於て減少したる水の量はF中に於て增加したる水の量と等しき筈

第五百四十三圖






である。故に「ピストン」A及びBの直徑を夫々$d$及びDとすれば、「シリンドル」E中に於て減少したる水の量は$\frac{\pi}{4}d^2s$で「シリンドル」F中に於て增加したる水の量は$\frac{\pi}{4}D^2h$であるから、

$$\frac{\pi}{4}d^2s=\frac{\pi}{4}D^2h$$

或は

$$\frac{s}{h}=\frac{D^2}{d^2}$$

「ピストン」Aを$s$なる距離に壓し込むに$t$時間を要すとすれば、「ピストン」Bが$h$なる距離に壓し上げらるゝに要する時間も亦明に$t$であるから、Aの速度を$c$、Bの速度を$v$とすれば、

$$c=\frac{s}{t}\;;\qquad v=\frac{h}{t}$$

故に

$$\frac{c}{v}=\frac{s}{h}$$

依て線速比は次の式を以て表はさるゝのである。

$$\frac{s}{h}=\frac{c}{v}=\frac{D^2}{d^2}$$

而して此速比を以てAよりBに運動が傳へらるゝのである。然るに此關係は壓力の大小に無關係で、且つ水は働力を吸收せぬものであるからAに與へたる働力はBが受取りたる働力に等しい。故に今Aを壓す外力をPとしBを壓す外力をQとすれば、Aに與へたる働力はPsでBが受取りたる働力はQ

$h$である。夫故摩擦等の抵抗少しもなしとすれば、

$$Ps=Qh.$$

或は

$$\frac{Q}{P}=\frac{s}{h}$$

依て　機械益度=線速比$=\frac{Q}{P}=\frac{s}{h}=\frac{c}{v}=\frac{D^2}{d^2}$

斯くしてAよりBに運動或は働力が傳送さるゝのである。

此結果は或は次の如く考へても求むることが出來る。パスカルの法則によれば液體中の壓力は各方面に於て總て等しく且つ接觸面に直角に働くものであるから、今液體の壓力を$p$とすればAを壓す壓力もBを壓す壓力も共に$p$に等しく、然も「ピストン」の面に何れも直角に働くのである。但し茲に云ふ壓力とは單位面積上に働く壓力のことであるから、A及びBを壓す壓力の全量は夫々$\frac{\pi}{4}d^2p$及び$\frac{\pi}{4}D^2p$である。然るに「ピストン」A及びBの釣合ひを考ふるに、PはAを壓す液體の全壓力と釣合ひQはBを壓す液體の全壓力と釣合ふのであるから、

$$\left.\begin{aligned} P&=\frac{\pi}{4}d^2p \quad 或は \quad p=\frac{P}{\frac{\pi}{4}d^2} \\ 及び\quad Q&=\frac{\pi}{4}D^2p \quad 或は \quad p=\frac{Q}{\frac{\pi}{4}D^2} \end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots(223)$$



故に

$$\frac{P}{\frac{\pi}{4}d^2}=\frac{Q}{\frac{\pi}{4}D^2}$$

即ち

$$\frac{Q}{P}=\frac{D^2}{d^2}$$

**259. 流動體「リンク」仕掛けに關する學問**　前節に得たる結果は働子と被働子との中間の「リンク」として水又は油の如き液體を用ゐたる場合であるが、空氣、蒸汽の如き氣體及び瓦斯體は壓力によりて容積を變じて與へたる働力の一部を吸收し、吸收されたる働力は熱となりて現はるゝ等の複雜なる現象を起し、液體の場合の如き簡單なる式を以て運動又は働力傳送の有樣を示すことが出來ぬのみならず、其學理たる甚だ深遠にして一二言を以て盡すこと能はず、之れを述べんとすれば深く岐路に立ち入らねばならぬことゝなるから本書には暫く之れを省き、液體の場合のみに就いて述ぶることにする。尤も働力傳送に液體を用ゐるにも種々の用ゐ方がある。例へば水面の高低の差を以て水車を動かし、水に速度を與へ或は自然界に或る速度を以て流下する水を利用して水「タービン」を動かし、又は靜止せる水の壓力を利用して水壓機を動かす等は即ち其用ゐ方である。而して此等の用ゐ方により理論に於

て夫々異なる所のあるものである。何となれば水車と水「タービン」とに於て利用せらるゝ水の有する働力の大部分は動「エネルギー」であるが、水壓機に利用せらるゝ水の有する働力は殆ど總てが靜「エネルギー」である。即ち人爲的の働子又は自然界の働子より水は働力を受取り其れを被働子に渡して被働子に或る仕事を成さしむるに、水の受取る働力が動「エネルギー」なると靜「エネルギー」なるとによりて被働子の構造と其れに關する學理とが自ら異なるべきは當然の理である。然るに水の動「エネルギー」を利用する機械に關する學理は氣體及び瓦斯體を利用するものと同じく夫々專門の學技に屬し、茲に之れを述ぶるは徒に岐路に迷ひ學者の惑ひを增すのみて效なきことてあるから之れを他日に讓り、本書には水の有する靜「エネルギー」を利用する機械に就いてのみ述べんとするのである。但し「ポンプ」に於ては水が假令或る速度を以て運動するとは云へど「ポンプ」の目的は水の汲み揚げて、詳しく云へば底處にある水を高處に移して靜「エネルギー」を附與し、又は動「エネルギー」を附與して噴水せしむる等の如く働力傳送と甚だ趣きが異なる故に、水の動「エネルギー」に說き及ぼさゞる範圍內に於て特に本項第二目



に之れを述ぶることにしたのである。

要するに流動體「リンク」仕掛けは甚だ範圍の廣き高尙なる學問て、自然界を働子とする被働子、之れを吾人は原働機と名付けて居るのであるが、其原働機に關する學問例へば蒸汽機關學と云ひ內部燃燒機關學と云ひ水力學と云ふは、皆流動體「リンク」仕掛けを根據とし如何に自然界に存在する働力が機械的の働力に變ぜしめ得るかの學理と方法とを研むる專問の學技である。茲に一言して置くが、自然界を働子とする原働機にせよ原働機を働子とする中繼機或は工作機にせよ、被働子たる原働機、中繼機、工作機等が流動體「リンク」仕掛けによりて傳へらるゝ運動は之れを大別して二種となすことが出來る。即ち一は往復運動をなすもの一は回轉運動をなすものである。前者は「シリンドル」內に「ピストン」を置き、流動體の有する働力を以て此「ピストン」に往復運動を起さしむるもの即ち蒸汽機關、瓦斯機關、石油機關、水壓機、壓搾空氣機等は之れに屬し、又後者は被働子を「ねぢ」形に造り、恰も固體の「めねぢ」と「をねぢ」とが起す運動と同じ作用によりて流動體の有する働力を以て回轉運動を起さしむるもの即ち蒸汽「タービン」、水「タービン」、瓦斯「タービン」、風車の如き、及び水車、風車

の或る物の如く「ねぢ」形にはせずとも然も回轉運動を起さしむるものは之れに屬するのである。

## 第一目　水壓機

**260. 水の性質と水壓機**　茲に述べんとするは人爲的に水に高壓力を與へ、又は自然界に自然に存在する水の壓力を利用し、假令水が或る速度を以て運動するとも其速度たる極めて微小にして殆ど靜止せると同一であると考へ、隨つて「エネルギー」は悉く靜「エネルギー」と見做し、壓力のみにて働力の傳送を遂ぐる仕掛けに就いてゞある。而して斯かる原理にて造られたる機械を**水壓機**と名付ける。

水が水壓機に利用さるゝ特質は既に述べたる如く水は剛體と同じく壓力によりて其容積を變ぜぬことゝ、及び速度極めて小なる時は水の摩擦は極めて小なることゝである。然し詳しく云へば水は壓力によりて絕對に容積を變ぜぬものではない。丁度固體に完全の剛體が無いと同じく液體にも完全の液體は無く、實驗の結果によると壓力1氣壓(每平方吋につき約15「ポンド」の壓力)につき水は其原容積の $\frac{5}{100,000}$ を減ずる割合であるが、此れ計りの微小な



る容積の變化は無論顧慮するの必要なく、水は壓力によりて絕對に容積を變へぬと見て差支なきものである。夫故工業上より水を論ずる場合には、吾人は常に水は壓力により絕對に其容積を變へぬものとする。又速度極めて小なる時は水の摩擦は極めて小であると云ふことは無論實驗上より認められた結果で、此事は固體の摩擦と甚だ異なる所である。實際液體間及び液體と固體との間の摩擦は固體間の摩擦と甚だしく相違せるもので、今液體摩擦が固體摩擦と異なる條項を摘記すれば、

第一、每秒4呎以下位の低速度なる時は液體摩擦の大さは接觸面の種類狀況等に殆ど關することなし。

第二、液體摩擦の大さは壓力の大小に無關係なり。

第三、液體摩擦の大さは接觸面の大小に正比例す。

第四、速度甚だ小なる時は液體摩擦も亦極めて小なりと雖、速度大となるに從ひ其影響する所甚だ大なり。

此等の法則を上卷第31節に揭げた固體摩擦の法則と比較し、兩者の間に如何に正反對の相違あるかを

見ば多大の參考となるであらう。

働子の「ピストン」に力を加ふれば水は或る壓力を受け、此壓力を以て被働子たる「ピストン」が運動を起すのである。又假令働子が「シリンドル」と「ピストン」とより成らざるにしても被働子を動かすに充分な壓力を水が具へて居りさへすれば被働子が運動を起すことは明であるから例へば高塔の上に水桶を置き、之れを管にて地上に導けば管中の水は水の高さによりて生ずる壓力を具ふるものであるから、之れを以て被働子を動かすことも出來る。又市中の水道内に流るゝ水は或る壓力を具ふるものであるから、假令其壓力を生ぜしむる原因が如何なればとて之れを以て被働子を動かすことが出來るのである。何となれば前者は高塔上に在る水の靜「エネルギー」を被働子の仕事に變へ、後者は水道内の水に壓力を與へたる働子より被働子に働力が傳へられたのであるからである。要するに働子は其形狀、構造、作用の如何に係らず只水に壓力を與へるのが目的であり、被働子は此壓力即ち水の靜「エネルギー」を受けて有用なる機械的の仕事を成すのが目的である。自然界に自然に壓力を具ふる水が存在して居るならば、其れを其儘利用して被働子を動かさしめ得るは無論である。



水壓機は通例使用する水壓力の高低によりて低壓機、中壓機及び高壓機の三種に區別されて居る。**低壓機**は200ポンド/平方吋以下の水壓力を使用するもので、屋上の水桶より管にて地上に導きたる水或は市中の水道内の水を使用する水壓機は之れに屬し、**中壓機**は400乃至1,500ポンド/平方吋の水壓力を使用するもので、此種類に屬するものは甚だ多い。而して其水壓力の多くは700乃至750ポンド/平方吋である。又**高壓機**は1乃至10噸/平方吋の水壓力を使用するものであるが、2或は3噸/平方吋以上の高壓力は材料を害すること烈しき故に永續を望む機械類には斯かる高壓力は成るべく避くるが肝要である。

偖て第258節に得たる公式は摩擦なしと假定したる結果であるが、假令液體摩擦は小なるにしても機械各部には種々の摩擦面を具へ、其等の摩擦も加はるものであるから相當の摩擦は決して免れぬものである。依て機械的效率を$\eta$とし中卷公式139$b$を應用すれば次の結果を得るのである。

$$\left.\begin{aligned}&\text{機械益度}=\frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{P}}=\frac{c}{v}\eta=\frac{s}{h}\eta=\frac{\mathrm{D}^2}{d^2}\eta\\&\text{線速比}=\frac{c}{v}=\frac{s}{h}=\frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{P}\eta}=\frac{\mathrm{D}^2}{d^2}\end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots 224$$

水壓機に使用する水の速度は甚だ小なるものであるから液體摩擦は殆どなく、從て水壓機の摩擦は「ピストン」或は「ラム」(水壓機に用ゐる動片は「ピストン」と異なり、通例用ゐるものは第五百四十四圖に示す如く直徑に比し長さの長き丸棒で、此丸棒を「**ラム**」と云ふのである。作用は「ピストン」と同じであるが、「ピストン」は高壓にある水の漏泄を防止するに至難であるから、水壓機には皆「ラム」を用ゐ「ピストン」は用ゐぬ)と「シリンドル」とが接觸する部に於て水の漏洩を防ぐために裝塡せらるゝ**塡め物**と「ラム」との間に起る固體摩擦のみであると見做さるゝから、$\eta$ は此塡め物の效率に他ならぬのである。塡め物には麻、木、革の如きを用ゐる故に此れと「ラム」とが起す摩擦は即ち水壓機の摩擦である。つまり塡め物一個の機械的效率は即ち一個の「ラム」及び「シリンドル」仕掛けの效率で、其値は次の式を以て表はさる。

$$\eta_1=\frac{d}{d+4\mu}\quad;\quad\eta_2=\frac{D-4\mu}{D}$$

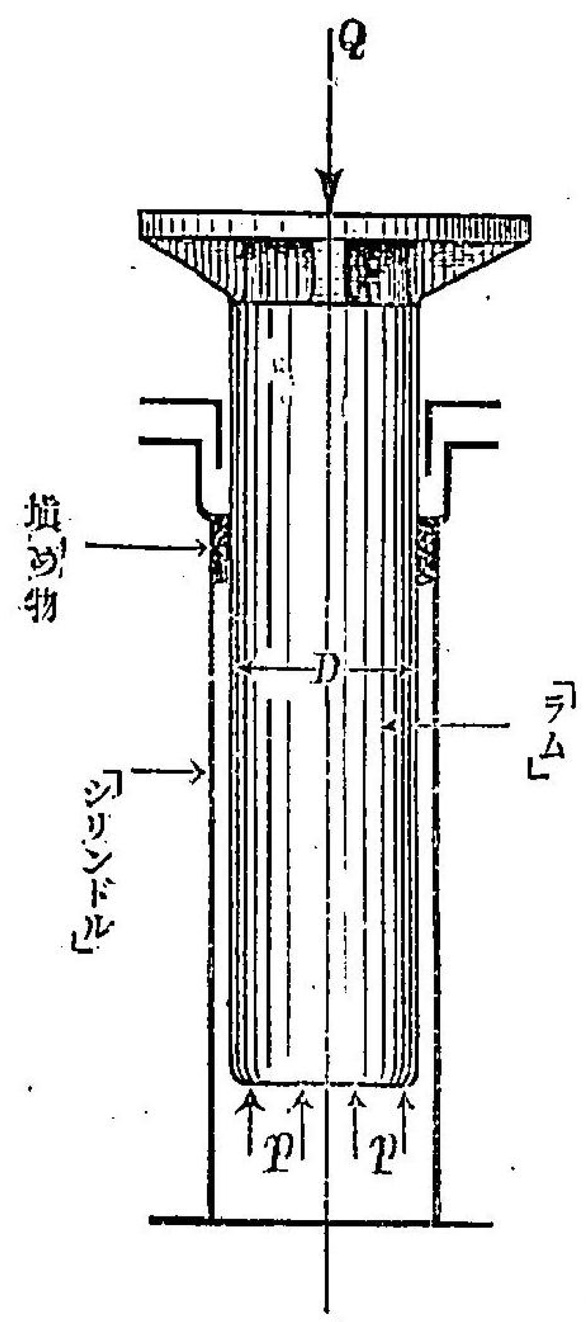
但し $\eta_1$ 及び $\eta_2$ は夫々働子及び被働子の一個の「ラム及び「シリンドル」仕掛けの機械的效率、$d$ 及び D は夫々働子及び被働子の「ラム」の直徑、$\mu$ は塡め物と「ラム」との間の摩擦係數である。而して $\mu$ の値は大凡次の如し。



塡め物が木又は麻にして緩やかなる時…………

………$\mu=0{\cdot}06$ 乃至 $0{\cdot}11$

第五百四十四圖




同しなれど緊縛せる時………

………$\mu=0{\cdot}25$

塡め物が革にして堅からざる時……$\mu=0{\cdot}03$ 乃至 $0{\cdot}07$

同しなれど堅き時…………

………$\mu=0{\cdot}10$ 乃至 $0{\cdot}13$

同しなれど甚だ堅き時………

………$\mu=0.2$

若し數個の「ラム」と「シリンドル」とを備へ其他種々の「からくり」の集合より成る時、全體の效率を定むるには中卷公式(140)に依れば略々其値を得らる。

例一、毎平方吋750「ポンド」の水壓力を受くる直徑5吋の「ラム」は何噸の荷物を押し揚げ得るか。但し塡め物の摩擦係數を0·07とせよ。

解 $$\eta_2=\frac{D-4\mu}{D}=\frac{5-4\times0{\cdot}07}{5}=\frac{4{\cdot}72}{5}=0{\cdot}945$$

又公式(223)より

$$Q=\frac{\pi}{4}D^2p=\frac{3{\cdot}14}{4}\times5^2\times750=14{,}700^{\text{ポンド}}$$

此れは摩擦なき時に押し揚げらるべき荷物の重さである故に、實際に押し揚げらるゝ重さは此れよりも小である。而して其重さは

$$Q=14700\eta_2=14700\times0{\cdot}945=13{,}900^{\text{ポンド}}$$

或は $\dfrac{13900}{2240}=6{\cdot}2^{\text{噸}}$

例二、「ラム」の直徑働子は2吋被働子は10吋なる水壓働力傳送裝置に於て、働子の「ラム」を壓すに100「ポンド」の力を以てせば被働子に働く何「ポンド」の荷物を押し揚げ得るか。但し塡め物の摩擦係數を0.07とす。

解、

$$\eta_1=\frac{d}{d+4\mu}=\frac{2}{2+4\times0{\cdot}07}=\frac{2}{2{\cdot}28}=0{\cdot}878$$

$$\eta_2=\frac{D-4\mu}{D}=\frac{10-4\times0{\cdot}07}{10}=\frac{9{\cdot}72}{10}=0{\cdot}972$$

故に此裝置全體の機械的效率を$\eta$とすれば

$$\eta=\eta_1\eta_2=0{\cdot}878\times0{\cdot}972=0{\cdot}853$$

依て公式(224)より

$$Q=\frac{D^2}{d^2}P\eta=\frac{10^2}{2^2}\times100\times0{\cdot}853=2{,}130^{\text{ポンド}}$$

例三、前問の裝置に於て働子の「ラム」を壓し込むこと50吋ならば被働子の「ラム」は何吋昇るか。

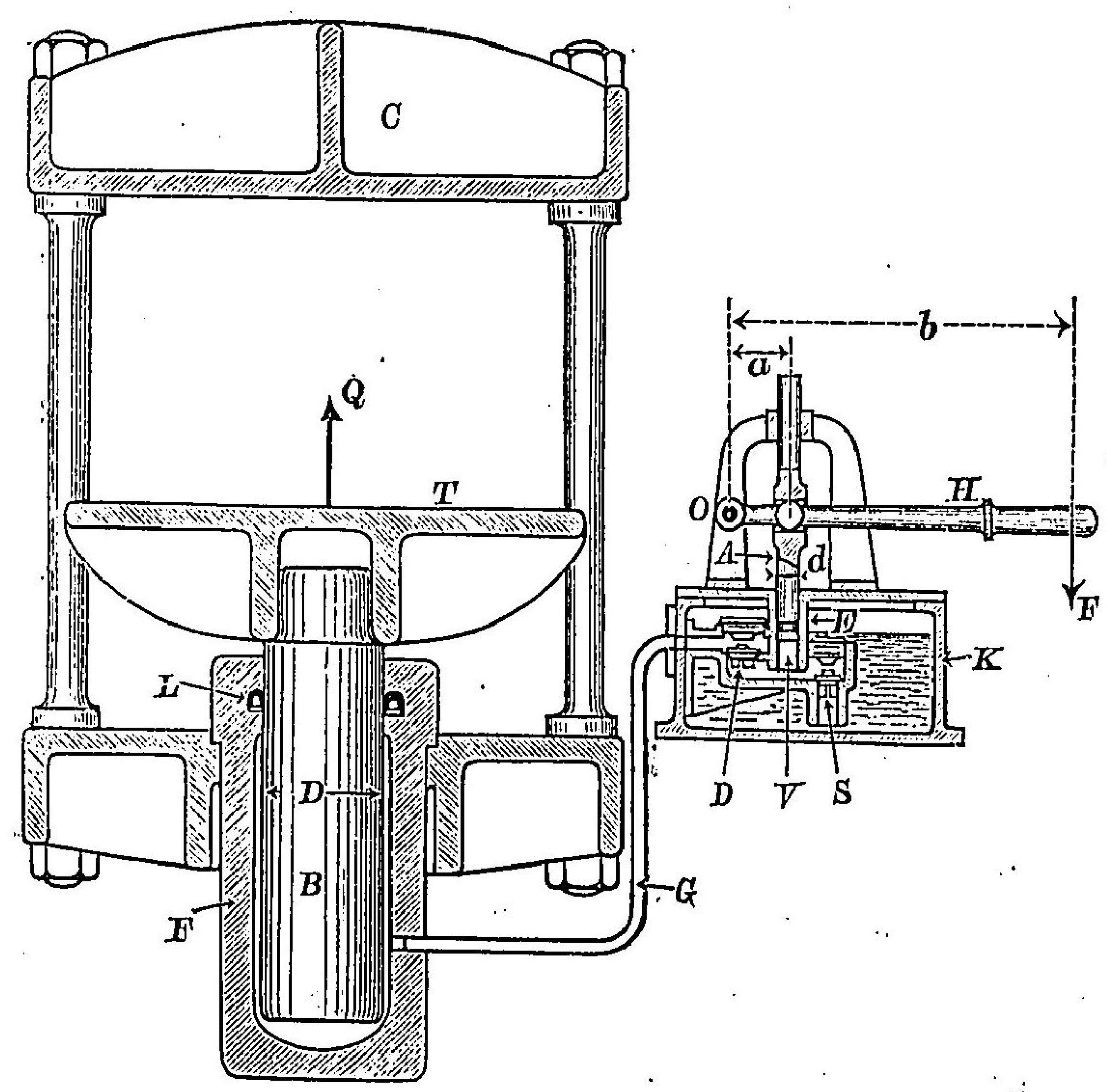
解、公式(224)より



$$h=s\frac{d^2}{D^2}=50\times\frac{2^2}{10^2}=2^{\text{吋}}$$

**261. 水壓壓搾機** 前節の例題に於て知らるゝ通り働子の「ラム」の直徑を被働子の其れよりも小に造れば、働子に働く甚だ小なる力を以て被働子に如何に大なる力にても生ぜしめ得るものである。水壓機は其種類、用途等によりて多少構造も異なれど、多くは小なる力を以て大なる力を生ぜしめんがた

第五百四十五圖



めに造られたるもので、原理は皆一である。依て水壓機の一例として茲に水壓壓搾機の構造と其作用とを述べやう。

水壓壓搾機は綿、毛、枯草の如き纖維質の物質を壓縮して容積を小にし形を正し船車等に積みて運搬に便ならしめ、植物の種子或は根を壓搾して油を採り、又は製本用、印刷用等を始めとし之れを大にしては鍛工用として使用せらるゝ等其應用の甚だ廣きものである。第五百四十五圖は極く普通の手働水壓壓搾機の構造を示したもので、Oを固定の軸とする挺子Hを上下に搖動すれば「ラム」又は「プランヂャー」Aは「シリンドル」E中にて上下に往復運動をなす故に、Vなる箱の容積は或は大となり或は小となる。即ちAを引き上ぐればVなる箱の容積は大となる故に壓力減じ、Kなる箱中の水は吸込み瓣Sを壓し開きてV中に入る[本項第二目「ポンプ」參照]。又Aを壓し込めばVなる箱中の水は壓されて壓力を增し、吸込み瓣Sは閉鎖し繰出し瓣Dは壓し開かれ、水は管Gを通りて「シリンドル」F中に送らる。斯の如く此仕掛けの働子は一の手働「ポンプ」で、Eは「ポンプ」の「シリンドル」、Aは「ポンプ」の「ラム」である。然し吾人は通例「ポンプ」の「ラム」、換言すれば水壓機の「ラム」に似た



る「ポンプ」に用ゐる丸棒を指して特に「**プランヂャー**」と云ふ。つまり同一の作用をなす動片を或は「ピストン」と云ひ「ラム」と云ひ「プランヂャー」と云ふは、只其構造と用途とによりて異なる名稱を與へ區別に便ならしめたるに過ぎぬもので、「ピストン」は通例圓板形をなすもの、「ラム」と「プランヂャー」とは共に細長き丸棒であるが、水壓機に用ゐるを「ラム」と云ひ「ポンプ」に用ゐるを「プランヂャー」と云ふのである。

偖て以上述べたる如く挺子Hを搖動して「プランヂャー」Aを上下せしむれば、間歇的ではあるが引き續きK中の水は吸込み瓣Sより吸ひ込まれ繰出し瓣Dより壓し出され管Gを通りて「シリンドル」F中に送らるゝ故にF中の水は其量を增し、「ラム」Bは次第に壓し上げらる。夫故「ラム」Bの上端Tと枠Cとの間に物體を置けば、其物體は水壓力に相當する大なる力を以て壓搾せらるゝのである。此仕掛けに於て挺子を上下する力Fと「ラム」を壓し上ぐる力Qとの關係は如何なる式を以て表はさるゝかと云ふに、公式(224)より

$$\frac{Q}{P\eta}=\frac{D^2}{d^2}$$

或は

$$Q=\frac{D^2}{d^2}P\eta$$

此式に於てPは「ポンプ」の「プランヂャー」に働く力，Dは被働子即ち「ラム」の直徑，$d$ は働子即ち「ポンプ」の「プランヂャー」の直徑，$\eta$ は此仕掛け全體の機械的效率である。故に今挺子の軸Oと「プランヂャー」との距離を $a$，挺子の長さを $b$ とし，挺子の釣合ひを考ふるためOに對するF及びPなる二力の「モーメント」を取れば，

$$Pa-Fb=0$$

或は

$$P=F\frac{b}{a}$$

此値を上式に代入すれば，

$$Q=F\frac{D^2}{d^2}\cdot\frac{b}{a}\eta \quad\cdots\cdots(225)$$

或は

$$\text{機械益度}=\frac{Q}{F}=\frac{D^2}{d^2}\cdot\frac{b}{a}\eta \quad\cdots\cdots(225a)$$

從て中卷公式(139$b$)より

$$\text{線速比}=\frac{\text{機械益度}}{\text{效率}}=\frac{D^2}{d^2}\cdot\frac{b}{a} \quad\cdots\cdots(225b)$$

例一、 第五百四十五圖に示す手働水壓壓搾機に於て $a=2\frac{1}{2}$ 吋，$b=27\frac{1}{2}$ 吋，$d=0{\cdot}8$ 吋，$D=10$ 吋にして手力 $F=30$「ポンド」ならば壓搾力Qの大さ如何。但し全體の機械的效率を80%とせよ。

解、 $$Q=F\frac{D^2}{d^2}\cdot\frac{b}{a}\eta=30\times\frac{10^2}{0.8^2}\times\frac{27\frac{1}{2}}{2\frac{1}{2}}\times0{\cdot}8$$

$$=41{,}200^{\text{ポンド}} \text{ 或は } 18{\cdot}4^{\text{噸}}$$



例二、 前問の手働水壓壓搾機に於て「ラム」を4吋の高さに壓し上げるためには挺子を何回上下せねばならぬか。但し「プランヂャー」の行程は3吋なり。

解、「プランヂャー」を押し下ろす時にのみ水は繰出し瓣より水壓機の「シリンドル」中に送られ，「プランヂャー」を引き上げる時には繰出し瓣は閉鎖し水は排出せられぬ故に，挺子を一回上下する毎に唯一回水は水壓機の「シリンドル」中に送らるゝのである。而して「プランヂャー」の往復する距離即ち其行程は3吋なるが故に，瓣の間隙等より水の漏泄少しもなしとすれば「プランヂャー」が一回上下する毎に送り出さるゝ水の量は

$$\frac{\pi}{4}\times0{\cdot}8^2\times3=1.51^{\text{立方吋}}$$

である。又「ラム」が4吋の高さに壓し上げらるゝに要する水の全量は

$$\frac{\pi}{4}\times10^2\times4=314^{\text{立方吋}}$$

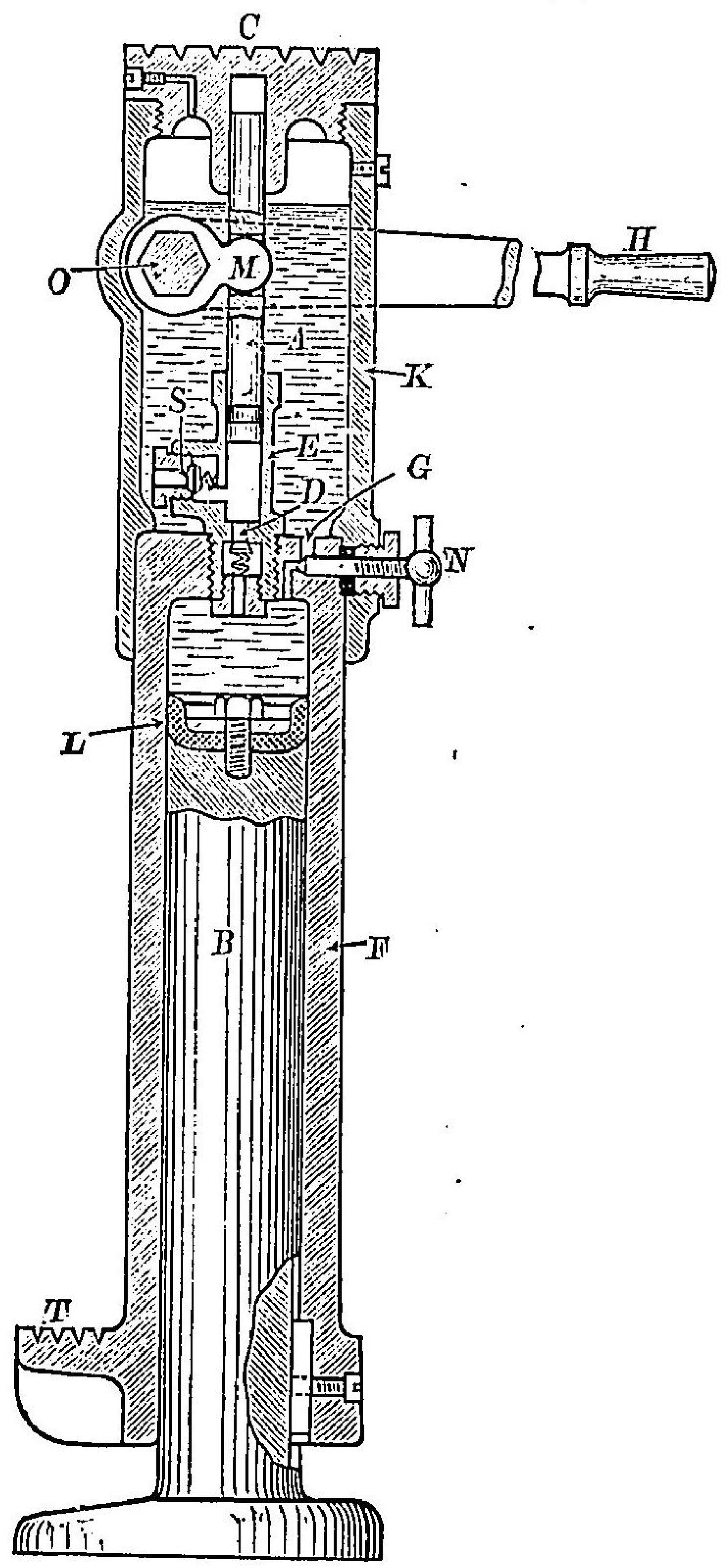
であるから挺手を上下する度數は

$$\frac{314}{1{\cdot}51}=208$$

即ち208回である。

**262. 水壓「ジャック」** 水壓「ジャック」は「ねぢ-ジャック」(上卷34節)と同じく重き荷物を比較的小なる高さに引き上げ又は壓し上げんとするに用ゐらるゝ簡單にして一般に小形なる一種の釣揚げ機械て、前節の水壓壓搾機と同じく「ポンプ」と水壓機とを聯合したる機械てある。其構造は第五百四十六圖に示す如くOを固定の軸とする挺子Hを上下に搖動すれば、Mなる突起に導かれて「プランヂャー」Aは「シリンドル」E中に於て

第五百四十六圖






上下に往復運動をなす。而してSは吸込み瓣Dは繰出し瓣てあるから、Aが引き上げらるゝ時はKなる箱の中にある水はSよりE中に入り、Aを壓し下ろせばSは閉鎖しDは開きて前に吸入したる水はDより「シリンドル」F中に入る。斯く挺子を一回上下する毎にK中の水は一回F中に送られ、挺子を引き續き上下する時はF中の水は次第に其量を增す。然るに水壓「ジャック」に於ては「ラム」Bは固定し「シリンドル」Fが動き得る裝置になれる故に、F中の水量が增すに從ひ「ラム」を除く總てのもの即ち「シリンドル」、「ポンプ」、挺子等は皆一體となりて壓し上げられT或はCの部に荷物を置く時は此れをも同時に壓し上げるのてある。荷物を下ろす場合には「ねぢ」Nを廻はす。然る時はGなる通路は開かれFとKとの水室が直接に連絡する樣になる故に、F中の水の壓力は失はれF中の水はGを通りてK中に移り、其れと同時に自己の重量にて「シリンドル」Fは荷物と共に下降する。第五百四十五圖及び第五百四十六圖のLは「ラム」と「シリンドル」との間より水の漏出を防ぐための塡め物て、通常革を椀形に曲げて壓し込みたるものてある。

水壓「ジャック」の機械益度及び線速比は前節の水

壓壓搾機の其等と全く同じ公式を以て表はさるゝこと、構造を一目して直ちに了解し得られやう。

例一、線速比 250 なる水壓「ジャック」を以て 5,000「ポンド」の重量を壓し上げんに 43「ポンド」の手力を要すと云ふ。此「ジャック」の機械的效率と機械益度とを求む。

解、中卷公式(139b)に於て

機械益度＝(效率)×(線速比)

然るに　機械益度$=\dfrac{Q}{F}=\dfrac{5000}{43}=116$

故に　效率$=\dfrac{116}{250}=0{\cdot}465$　或は　46·5%

例二、「プランヂャー」の直徑$\dfrac{3}{4}$吋、「ラム」の直徑 4 吋なる水壓「ジャック」の挺子を動かすに 60「ポンド」の力を以てせば、幾何の荷物を揚げ得るか。但し挺子の線速比は 12 にして全體の機械的效率は 0·6 なり。

解、挺子の線速比が 12 と云ふことは $\dfrac{b}{a}=12$ と云ふことである[中卷 138 節參照]。故に公式(225)より

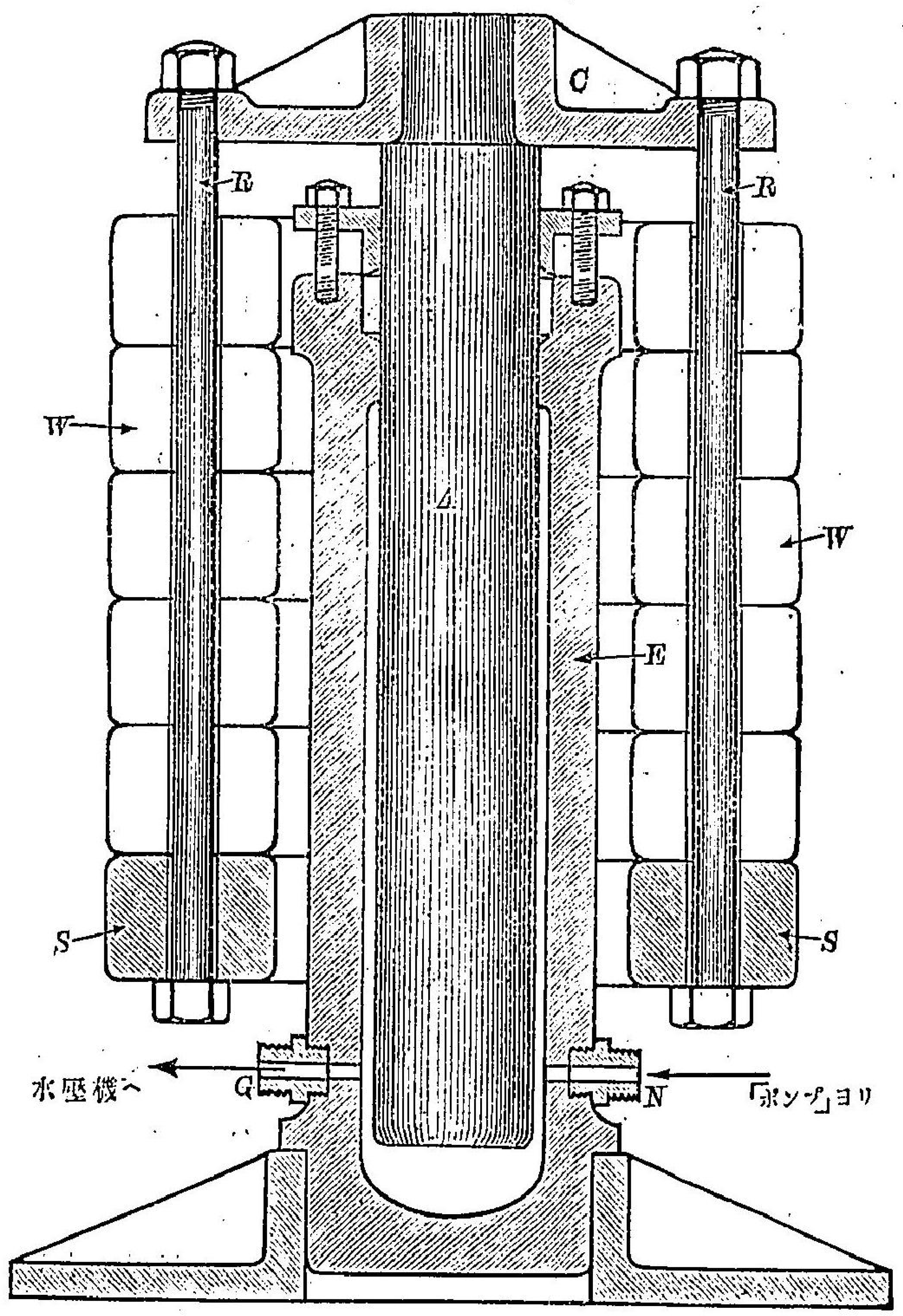
$$Q=F\frac{D^2}{d^2}\cdot\frac{b}{a}\eta=60\times\frac{4^2}{(\frac{3}{4})^2}\times12\times0{\cdot}6=12{,}300^{\text{ポンド}}$$

或は 5·5噸

**263. 水壓溜め**　以上說き來りたる水壓壓搾機及び水壓「ジャック」の働子は「ポンプ」で、「プランヂャー」の上下運動によりて水は水壓機の「シリンドル」に送らるゝ仕掛けであるが、「ポンプ」の働作は間歇的であるから「シリンドル」に送らるゝ水の量も亦間歇的で、從て「ラム」の壓し上げらるゝは等速度たること能はずして「ポンプ」の働作につれて一進一止し、其間に於ても絕えず運動の速度を變へつゝあるものである。故に剛體に等しき水は動「エネルギー」の變化によりて爰に大なる震動或は衝擊を惹き起し、甚しきは機械の破壞を招くものである。較や大なる水壓機に於ては動片の質量大なるため、少しにても給水の速度一樣ならぬ時は從て甚だ大なる衝擊を起すものであるから、手働水壓壓搾機或は水壓「ジャック」の如き簡單にして小形なる水壓機の外は、「ポンプ」と直接に連結し「ポンプ」の間歇運動の影響を水壓機に及ぼさしむる如きことは決してせぬ。水壓機に水を送るに普通の方法としては是非とも「ポンプ」に依らねばならぬ。然し「ポンプ」と水壓機とを直接に連結し、「ポンプ」を直接の働子たらしめば水壓機は必ず間歇運動の影響を蒙むるものであるから、通例吾人は「ポンプ」と水壓機との間に或る仕掛けを設き、「ポンプ」が如何に間歇運動をなして速度を變じ或は全く靜止

するとも、水壓機に供給さるゝ水の速度は一定なる樣にする。斯かる中間の仕掛けを**水壓溜め**と名付く。故に此場合に於ける水壓機の直接の働子は水

第五百四十七圖






壓溜めであつて「ポンプ」は只間接の働子たるに過ぎぬものとなる。

水壓溜めには其目的と用處とにより種々の構造はあるが原理に於ては皆一で、「ラム」と「シリンドル」との作用に他ならぬものである。第五百四十七圖に示すは其一例で、Aは「ラム」、Eは「シリンドル」、Cは「ラム」の上端に固定されたる腕、RとRとは腕より垂下されたる棒である。又R,Rの下端には「シリンドル」Eを圍りてS,Sなる鑄鐵製の重き臺を取付け、此上にS,Sと同形の鑄鐵製の多數の重錘W,Wが積み上げられてある故に、此等の重錘腕及び「ラム」自身の重量等は悉く「ラム」に働いて「ラム」を下方に壓すのである。故に「シリンドル」内に水を入れ置けば此水は此等の重量に相當する壓力を受くる譯である。且つ此水壓力は「ラム」を壓す重量に正比例する理であるから、所要の目的に應じ水壓力の强さを適宜に加減し得べからしめんが爲に、多數の重錘W,Wの各々は一定の重量に造り、更に最上の重錘より一つづゝ取り除き得る樣になれるものである。又Nは「ポンプ」より水壓溜めに水を送り入れる管、Gは水壓溜めより水壓機に水を送り出す管である。W,Wの如き重錘の代はりに蒸汽力を以て「ラム」を壓さしむる**蒸汽水壓**

溜めと名付くるものもある。

「ポンプ」を働かして管Nより水壓溜めの「シリンドル」E中に水を送入すれば「ラム」Aは重錘を吊り下げたる儘壓し上げられ、水壓機を働かせればE中の水は管Gより送り出され「ラム」Aは下る。水壓機は起重機、昇降機、打貫(ウチヌキ)機、剪斷機、鋲締め機、壓搾機、材料試驗機等の如き多くは連續的の仕事を成さぬ機械類に應用さるゝものであるから、管Gより送り出さるゝ水も亦連續的でない。例へば起重機を以て云へば、荷物を釣り揚げる時には仕事を要するが、卸ろす時には仕事を要せぬから仕事は連續的でなく、從て費消する水も亦連續的でないのである。夫故「ポンプ」を絶えず働かし置けば、水壓機が仕事を成す時にのみ水は管Gより去りて「ラム」Aは下れど、仕事の成されぬ時には水は失はれぬから「ラム」Aは「ポンプ」の働きにつれて次第に上り、高壓力を有する水は「シリンドル」E中に貯藏さるゝのである。此仕掛けを水壓溜めと名付くるは之れが爲である。斯く高壓力を有する水が貯藏さるゝ時は、假令「ポンプ」が靜止して居るとも水壓機を働かせることが出來るは明である。故に水壓溜めを裝置し置けば、「ポンプ」と水壓機との働作は間接となるから比較的小なる「ポンプ」を



置くのみで充分であるが、水壓溜めを置かずして「ポンプ」と水壓機とを直接に連結する時は、「ポンプ」の働ける時に水壓機も働き水壓機を靜止せんとすれば「ポンプ」も靜止せねばならぬ不便があり、且又大なる「ポンプ」が必要となる。水壓溜めの水が失はれぬ時に餘りに「ポンプ」を働かせば「ラム」は餘りに高く上り終に「シリンドル」より拔け出す恐れがある故に、總ての水壓溜めには必ず「ラム」が一定の高さに上りたる場合には自働的に「ポンプ」の働作の止む仕掛けを備ふるものである。

「ラム」にかゝる總ての重量即ち「ラム」を壓す力をPとし、「ラム」の直徑を$d$とすれば公式(223)により水壓力$p$は次の式を以て表はさる。

$$p=\frac{P}{\frac{\pi}{4}d^2}$$

水壓機を「ポンプ」と直接に連結すれば「ポンプ」の具ふる工程と等しき工程を水壓機に與ふるに過ぎぬけれども、水壓溜めを置けば「ポンプ」の工程に無關係に如何なる工程をも水壓機に與へることが出來る。殊に「ポンプ」の工程は假令小なりとも甚だ大なる工程を水壓機に與へ得るものである。其理由如何と云ふに、水壓溜めの中に溜められたる水を使用する

時間の長短によりて現はす工程に大小を生ずるもので、多量の水を短時間に使用すれば大なる工程を示し、少量の水を長時間に使用すれば現はす工程も亦小である。例へば今「ラム」にかゝる力をP「ポンド」とし、「ラム」の昇り得る最高の高さ即ち「ラム」の行程をL呎とすれば、水壓溜めの中に貯へ得る靜「エネルギー」の全量は明に PL 呎「ポンド」である。換言すれば此水壓溜めの水を悉く使用すれば PL 呎「ポンド」の仕事を成すのである。故に此水の全量を使用するに $t$ 分間を要すとすれば、水壓機に供給する工程HP馬力は次の式を以て表はさるゝこと明である。

$$\mathrm{HP}=\frac{PL}{33,000t} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(226)$$

此式より知らるゝ如く、水を使用する時間 $t$ の大小によりて水壓機の現はす工程に大小を生じ、$t$ が小ならば工程は大に $t$ が大ならば工程は小である。

以上を總括して水壓溜めの利益を列擧すれば次の如くである。

一、水壓機が「ポンプ」の間歇運動の影響を蒙らぬこと。

二、水壓力は任意に加減し得られ、且又「ラム」にかゝる重量を増せば如何なる高壓力をも得らるゝこと。



三、「ラム」にかゝる重量一定ならば水壓力の強さも亦一定なること。

四、「ポンプ」は比較的小なるものにて足ること。

五、水壓機が靜止中靜「エネルギー」を有する水は貯藏され、「ポンプ」の靜止中此水を用ゐて水壓機を働かし得ること。

六、水壓機をして「ポンプ」と無關係に如何なる工程をも自由に現はさしめ得ること。

斯の如く水壓溜めの利點は甚だ多い。夫故多くの水壓機は必ず水壓溜めの設備を有するものである。

例一、「ラム」の直徑9吋にして行程12呎なる水壓溜めあり。此れに水を供給する「ポンプ」の行程は其直徑の4倍にして毎分40往復をなすと云ふ。此「ポンプ」を10分間働かす時水は水壓溜めに滿つとせば、「ポンプ」の直徑及び其行程各々何吋なるか。

解、水壓機に用ゐる「ポンプ」は皆水壓壓搾機及び水壓「ジャック」に用ゐたる如き「プランヂャー」の一往復につき唯一回水を排出するものである。故に「プランヂャー」の直徑を $d$ 吋とすれば其行程は題意により $4d$ 吋であるから、「プランヂャー」の一往復毎に排出さるゝ水

の量は

$$\frac{\pi}{4}d^2\times 4d=3\cdot 14d^3\text{立方吋}$$

である。從て1分間に排出さるゝ水の量は

$$40\times 3\cdot 14d^3=125\cdot 6d^3\text{立方吋}$$

であるから10分間に排出さるゝ水の全量は

$$10\times 125\cdot 6d^3=1,256d^3\text{立方吋}$$

である。又一方より考ふるに水壓溜めの容量は

$$\frac{\pi}{4}\times 9^2\times 12\times 12=9,156\text{立方吋}$$

である。依て次の式が成り立つ。

$$1256d^3=9156$$

故に　直徑, $d=\sqrt[3]{\frac{9156}{1256}}=1\cdot 94$吋 又は約$1\frac{15}{16}$吋

從て　行程, $l=4d=4\times 1\frac{15}{16}=7\frac{3}{4}$吋

例二、前問の水壓溜めに於て700ポンド/平方吋の水壓力を得んには幾何の重量を「ラム」に懸くべきか。摩擦なしと假定して計算せよ。

解、$P=\frac{\pi}{4}d^2p=\frac{3\cdot 14}{4}\times 9^2\times 700=44,500$ポンド

又は約20噸

例三、前問の水壓溜めの中に貯へらるゝ「エネルギー」を求む。又30秒間に水の全量を費消すれば水壓機の現はす馬力は如何。但し摩擦なしと假定せよ。



解、「エネルギー」$=PL=44,500\times 12=534,000$呎ポンド

又　$HP=\frac{PL}{33000t}=\frac{534000}{33000\times\frac{30}{60}}=32\cdot 4$馬力

例四、前問の「ポンプ」を運轉するに要する馬力は如何。摩擦なしと假定すること前と同じ。

解、摩擦なしとすれば「ポンプ」は水を排出する時にのみ仕事をなし、排出せざる時には仕事をなさぬ故に此「ポンプ」は一往復につき唯一回仕事を成すのである。故に今例一に求めたる結果により、「ポンプ」の直徑は$1\frac{15}{16}$吋、行程は$7\frac{3}{4}$吋であるから、毎平方吋700「ポンド」の水壓力が「プランヂャー」を壓す力の全量は

$$\frac{\pi}{4}\times\left(1\frac{15}{16}\right)^2\times 700=2,065\text{ポンド}$$

である。「ポンプ」は此力に抗して$7\frac{3}{4}$吋の行程を動くのであるから一往復毎に「ポンプ」の成す仕事は

$$2065\times\frac{7\frac{3}{4}}{12}=1,330\text{呎ポンド}$$

である。故に1分間に成す仕事は、「ポンプ」が毎分40往復をなすのであるから、

$$40\times 1330=53,200\text{呎ポンド}$$

てある。然るに摩擦なしとすれば「ポンプ」の成す仕事は「ポンプ」を運轉する仕事に等しかるべき筈てあるから、運轉する馬力をHPとすれば

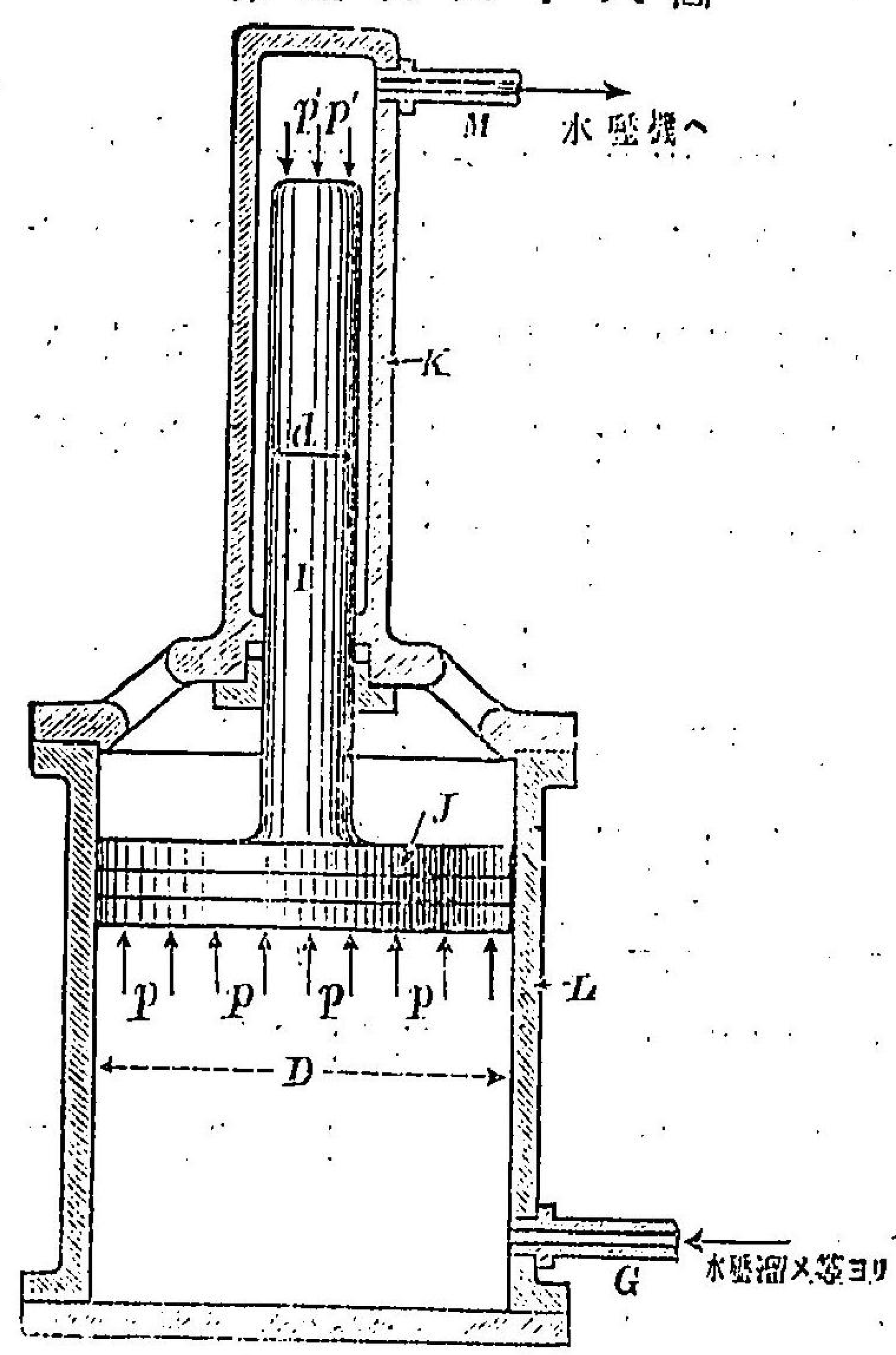
$$\mathrm{HP}=\frac{53200}{33000}=1{\cdot}61\text{馬力}$$

斯の如く「ポンプ」の工程は僅に1·61馬力てあるが、水壓機は32·4馬力或は必要に應じて此れ以上の工程を現はすことが此等の例題によりて明瞭に知り得られやう。是れ水壓溜めの利點てあつて、若し「ポンプ」をして直接に水壓機に作用せしむるならば水壓機は「ポンプ」の工程と等しき僅に1.61馬力を現はすに過ぎぬものてある。

**264. 水壓强めと水壓弱め** **水壓强め**は低壓の水を高壓の水に變ずる仕掛けて、壓力を有する水を水壓機に送る前に一度水壓强めに導きて一層高壓力を與ふるものであるから、水壓溜め又は水道中の水と水壓機との中間に据え置くものである。水壓溜めと水壓强めとを幷用すれば如何なる高壓力をも得らるゝものてある。水壓强めにも二三種あるが第五百四十八圖に示すは最も普通のもので、「ピストン」Jと「ラム」Iとを兼備せる動片の「ピストン」Jは



第五百四十八圖




「シリンドル」L中に又「ラム」Iは「シリンドル」K中に夫々動く樣に造り、管Gより壓力ある水を「ピストン」の下部に送る時は「ラム」の上部に在る水は高壓力を與へらるゝ故に、之れを管Mより水壓機に供給するのてある

今「ピストン」の直徑をD,「ラム」の直徑をd,「ピストン」の下部に送らるゝ水の壓力を$p$,「ラム」の上部に於ける水の受くる壓力を$p'$とすれば、「ピストン」の下面に於て「ピストン」を上方に壓し上げんとする壓力の全量は$\frac{\pi}{4}D^2p$て、之れが「ラム」の上面に於て「ラム」を下方に壓し下げんとする壓力の全量$\frac{\pi}{4}d^2p'$と釣合ふのてあるから、

$$\frac{\pi}{4}d^2p' = \frac{\pi}{4}D^2p$$

或は $$p'=p\frac{D^2}{d^2} \quad\text{(227)}$$

水壓强めを反對に働かし「ラム」の上部に高壓の水を送れば、「ピストン」の下部に低壓の水を得ることゝなる。斯く水壓强めを反對に働かし、高壓の水を低壓の水に變ずる仕掛けを**水壓弱め**と云ふ。

例一、「ピストン」と「ラム」との直徑夫々24吋及び4吋の水壓强めに40ポンド/平方吋の市中の水道の水を導けば幾何の壓力に强めらるゝか。

解、$p'=p\frac{D^2}{d^2}=40\times\frac{24^2}{4^2}=1{,}140$ポンド/平方吋

例二、前問の水壓强めに水壓溜めにて得たる700ポンド/平方吋の水壓力を有する水を導けば幾何の壓力に强めらるゝか。

解、$p'=p\frac{D^2}{d^2}=700\times\frac{24^2}{4^2}=25{,}200$ポンド/平方吋

或は約11噸/平方吋

## 第一目　問題

1. 線速比200なる水壓「ジャック」を以て2,100「ポンド」の重量を壓し揚げんには21「ポンド」の力を要すと云ふ。此「ジャック」の機械的效率と機械益度とを問ふ。



2. 「ラム」の直徑6吋、「プランヂャー」の直徑$\frac{7}{8}$吋、挺子の軸より挺子の端に到る距離は同し軸より「プランヂャー」に到る距離の10倍なる水壓「ジャック」の線速比を求む。
3. 前問の「ジャック」を挺子の端に20「ポンド」の力を與へて動かす時は8,500「ポンド」の荷物が壓し揚げらると云ふ。此「ジャック」の機械益度と機械的效率とを求む。
4. 3吋及び14吋なる直徑の二つの水壓「シリンドル」を管にて連結し、小なる方の「ピストン」を4吋壓し込めば大なる方の「ピストン」は何吋揚げらるゝか。
5. 「プランヂャー」の直徑$\frac{3}{8}$吋、其行程$2\frac{3}{4}$吋、「ラム」の直徑8吋なる手働水壓壓搾機あり。(1)「プランヂャー」の壓し込まるゝ力が100「ポンド」ならば幾何の水壓力を生ずるか。(2)「ラム」を壓し揚ぐる力の大さを問ふ。但し摩擦なしと假定すべし。(3)「ラム」を4吋壓し揚げんには「プランヂャー」を何回往復せねばならぬか。
6. 深さ5哩の海底の壓力は每平方吋何噸なるか。但し海水1立方呎の重量は64「ポンド」なり。

7. 水壓溜めと直接に連結されたる水壓壓搾機あり。水壓溜めの「ラム」は直徑$1\frac{1}{2}$吋にして壓搾機の「ラム」は直徑15吋なりと云ふ。壓搾機の「ラム」が16吋壓し揚げらるゝ間に水壓溜めの「ラム」は何吋下るか。又機械的效率を70%とし36噸の壓搾力を生ぜしめんには水壓溜めの「ラム」に幾何の重量を懸くべきかを計算せよ。但し「ラム」自身の重量は無きものと假定す。

8. 手働水壓壓搾機あり。「プランヂャー」の直徑1吋にして挺子の軸より挺子の端に到る距離は同し軸より「プランヂャー」に到る距離の10倍なりと云ふ。此壓搾機の挺子の端に56「ポンド」の力を與ふる時100噸の壓搾力を發生せしめんとせば「ラム」を幾何の直徑に造るべきか。但し摩擦なしと假定して算定すべし。

9. 水壓溜めと直接に連結されたる水壓壓搾機あり。水壓溜めの「ラム」は直徑8吋にして其れに懸かる重量は50噸なりと云ふ。壓搾機の「ラム」の直徑16吋ならば幾何の壓搾力を生ずるか。

10. 「ラム」の直徑12吋なる水壓溜めを以て毎平方吋700「ポンド」の水壓力を生ぜしめんには「ラム」に幾何の重量を懸くべきか。又此水壓溜めの行程8呎ならば貯へらるゝ「エネルギー」を問ふ。



11. 直徑20吋,行程23呎,水壓750ポンド/平方吋の水壓溜めが一分間に水の全量を費消すれば何馬力を發生するか。

12. 「ラム」の直徑8吋,行程20呎なる水壓溜めを以て1,200ポンド/平方吋の水壓力を生ぜしめんには「ラム」に幾何の重量を懸くべきか。又此水を毎分50立方呎の割合に使用する水壓機の馬力を問ふ。但し此仕掛けの機械的效率を58%とす。

13. 「プランヂャー」の直徑$\frac{7}{8}$吋,「ラム」の直徑2吋なる水壓「ジャック」の挺子を50「ポンド」の力を以て動かせば幾何の重量を揚げ得るか。但し挺子のみの線速比は12なり。

14. 直徑16吋の「ラム」を具ふる水壓溜めと連結さるゝ直徑26吋の「ラム」を具ふる水壓機あり。水壓溜めの「ラム」に懸かる重量80噸ならば水壓機は幾何の壓搾力を有するか。

15. 「プランヂャー」の直徑1吋,「ラム」の直徑12吋,「プランヂャー」を動かす挺子の長さ5呎,挺子の軸より「プランヂャー」に到る距離4吋なる手働水壓壓搾機を以て15噸の壓搾力を生ぜしめんには幾何の力を以て挺子を動かすべきか。機械的效率を80

%として計算すべし。

16. 同大の挺子を以て動かさるゝ直徑$2\frac{1}{2}$吋及び1吋なる二つの「プランヂャー」を備ふる手働水壓機あり。大なる「プランヂャー」のみを使用すれば40噸の壓搾力を生ずとせば、小なる「プランヂャー」のみを使用せば幾何の壓搾力を生ずるか。但し手力に變はりなきものとす。

17. 水壓打貫機を以て厚さ$\frac{5}{8}$吋の鋼板に直徑$\frac{3}{4}$吋の孔を打ち貫かんとす。鋼板の破壞剪斷內力が35噸/平方吋ならば打ち貫くに要する最小の力を問ふ。

18. 鉛管の製造に用ゐる水壓壓搾機あり。「ラム」の直徑は20吋、鉛を壓搾する「ラム」の直徑は15吋なりと云ふ。水壓力毎平方吋1噸ならば鉛を壓す壓力は毎平方吋何噸なるか。

19. 「ラム」の直徑3吋、「ピストン」の直徑15吋なる水壓强めに塔上の水桶より管にて之れに水を導く時は幾何の水壓力を得るか。但し水壓强めより水桶內の水面までの垂直距離40呎にして水一立呎の重量は62.4「ポンド」なり。



## 第二目 「ポンプ」

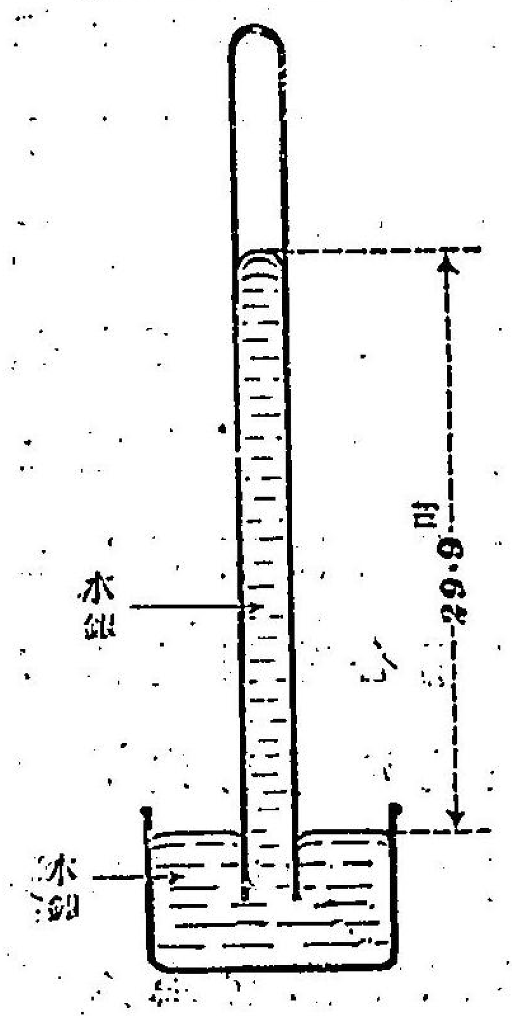
**265. 流動體「ラッチェット、からくり」と「ポンプ」**

「リンク」仕掛けに「ラッチェット、からくり」があると同しく流動體「リンク」仕掛けにも亦間歇運動を成す所謂**流動體「ラッチェット、からくり」**があるべき筈である。**「ポンプ」**の「からくり」が即ち其れであつて、働子たる「ピストン」或は「プランヂャー」が往復運動をなす時流動體の吸入及び排出を司る吸込み瓣及び繰出し瓣は間歇運動をなすのである。此作用は即ち働子たる「ピストン」或は「プランヂャー」の運動が中間に存在する流動體の媒介によりて被働子たる吸込み瓣及び繰出し瓣に傳送せられたのであるが、「ポンプ」に對する吾人の目的は瓣に間歇運動を起させんとするのではなくして、其間歇運動を利用して四圍の抵抗に反對して流動體を送り出さんとするのである。例へば地球重力に反對して液體を低處より高處に汲み揚げんとする場合或は大氣の壓力に反對して空氣を排除し眞空を作らんとする場合等皆是れ「ポンプ」の使用さるゝ目的である。夫故に運動或は働力の傳送と云ふよりは寧ろ流動體の輸送に用ゐらるゝものが即ち「ポンプ」であるから、以下節を追ふて

現今世上に使用されつゝある諸種の「ポンプ」の構造,作用等の概要を述べ,機械學上如何なる「リンク」仕掛けに屬するか等のことにつきては便宜上深く立ち入らぬことにする。又「ポンプ」は重に水を汲み揚げんとするに用ゐらるゝものであるから,水を以て總ての流動體の代表者とし水を主にして說述することにする。

**266. 「ポンプ」の原理と其分類** 大氣の壓力は地球の表面に於て平均每平方吋14·7「ポンド」或は約每平方吋15「ポンド」である。卽ち地球上に存在する物體は悉く面積1平方吋につき平均約15「ポンド」の力を以て空氣に壓されて居るのである。然も何故に吾人は此壓力を感ぜぬかと云ふに,夫れは四方八方より一樣の壓力を以て壓され,且つ身體の內部より外方に壓す壓力と身體の外部より內方に壓す壓力とは等しく且つ反對にして釣合ひを保ち,身體內部も亦同一の關係により內外相呼應して悉く釣合ひにあるが故に,大氣の壓力によりて壓されて居るに

第五百四十九圖






も係らず之れを感ぜぬのである。身體虛弱なる人が高山の頂に登る時は往々呼吸困難を來し,不快の氣に打たるゝことは吾人の屢々耳にする所であるが,是れ高山の頂に於ては空氣稀薄となり大氣の壓力は減じて平均14·7ポンド/平方吋 以下に降り,身體內外の壓力に變化を來し,平地に在りたる時に於ける身體に變調を起し,體質虛弱の人は蓋し此變調に抵抗し得ざるに因るものである。

以上は大氣に壓力あることを證せんとして極く通俗的の平凡なる例を引用したのであるが,學理的に之れを證せんには長さ35吋ばかりの一方の閉鎖せる硝子管に水銀を滿たし,開きたる口を指頭にて塞ぎ,此れを水銀を盛りたる器中に第五百四十九圖に示す如く倒立する時は管中の水銀面は指を去ると同時に突如として降るが,容器中の水銀面より管中の水銀面に到る垂直距離が平均29.9吋(760粍或は76糎)なる位置に於て靜止の狀態を保ち,而して管中水銀面の上部の空處には眞空を生ずること初等物理學を修めたる者の熟知する所である。何故に斯かる現象を起すかと云ふに,管中水銀面の上部は眞空であるが故に其處の壓力は零である。然るに管の外部には大氣の壓力あるが故に此壓力に壓され

て水銀は管中に昇り高さ29·9吋に水銀柱は管中に壓し上げられ爰に釣合ひを保てるがためである。即ち今單位面積として1平方吋を取りて考ふるに、1平方吋に及ぼす大氣の壓力は斷面積1平方吋高さ29·9吋の水銀柱と釣合ひを保つことが此實驗によりて明瞭に知り得らるゝのである。然るに斷面積1平方吋高さ29·9吋の水銀柱の容積は29·9立方吋で、水銀1立方吋の重量は0·49「ポンド」であるから1平方吋に及ぼす大氣の壓力と釣合ふ水銀柱の重量は

$$29·9 \times 0·49 = 14·7^{ポンド}$$

である。即ち毎平方吋に及ぼす大氣の壓力は既に述べたる如く14·7「ポンド」であることが知られやう。此實驗に徴するに、管中を眞空にすれば水銀は29·9吋の高さに管中に昇りて靜止する。此現象は丁度管中の眞空が水銀を29·9吋の高さに管中に吸ひ揚げたと見ることが出來やう。然らば水銀の代はりに水を用ゐたならば眞空は管中に幾何の高さに水を吸ひ揚げ得るかと云ふに、水銀の重量は等容積の水の重量の13·6倍であるから、水銀が吸ひ揚げらるゝ高さの13·6倍に等しきことは明である。即ち眞空によりて水の吸ひ揚げらるゝ高さは



$$29·9 \times 13·6 = 407^{吋} 又は約 33·9^{呎}$$

である。是れを要するに、密閉せる器中に眞空を作れば水は大氣の壓力の作用を受けて33·9呎又は約34呎の高さに上昇するから、之れを利用して水を低處より高處に汲み揚ぐることが出來る。「ポンプ」の**吸揚げ作用**とは即ち此理を應用せるに他ならぬものである。又「ポンプ」は啻に水を吸ひ揚ぐるのみならず、或る機械的の方法で其れを地球重力又は其他の抵抗に反對して或る高さに壓し揚げ或は引き揚げる作用をも成さしめ得るもので、壓し揚げる作用を「ポンプ」の**壓揚げ作用**と云ひ引き揚げる作用を**引揚げ作用**と云ふ。

「ポンプ」には甚だ多くの種類はあるが、此等を分類すると吸揚げ作用のみをなす**吸揚げ「ポンプ」**、壓揚げ作用のみをなす**壓揚げ「ポンプ」**、引揚げ作用のみをなす**引揚げ「ポンプ」**及び此等の混合の作用をなすもの即ち**吸揚げ壓揚げ「ポンプ」**、**吸揚げ引揚げ「ポンプ」**の五種に大別することが出來る。又密閉せる器中に眞空を作れば水は吸ひ揚げられて「ポンプ」の作用を起すものであるが、眞空を作らんとするには諸多の方法があるべき筈である。今眞空を作る方法と其原理とによりて「ポンプ」を分類すると次の五種となる。

第一種、往復「ポンプ」

第二種、渦巻き「ポンプ」

第三種、放射器と注射器

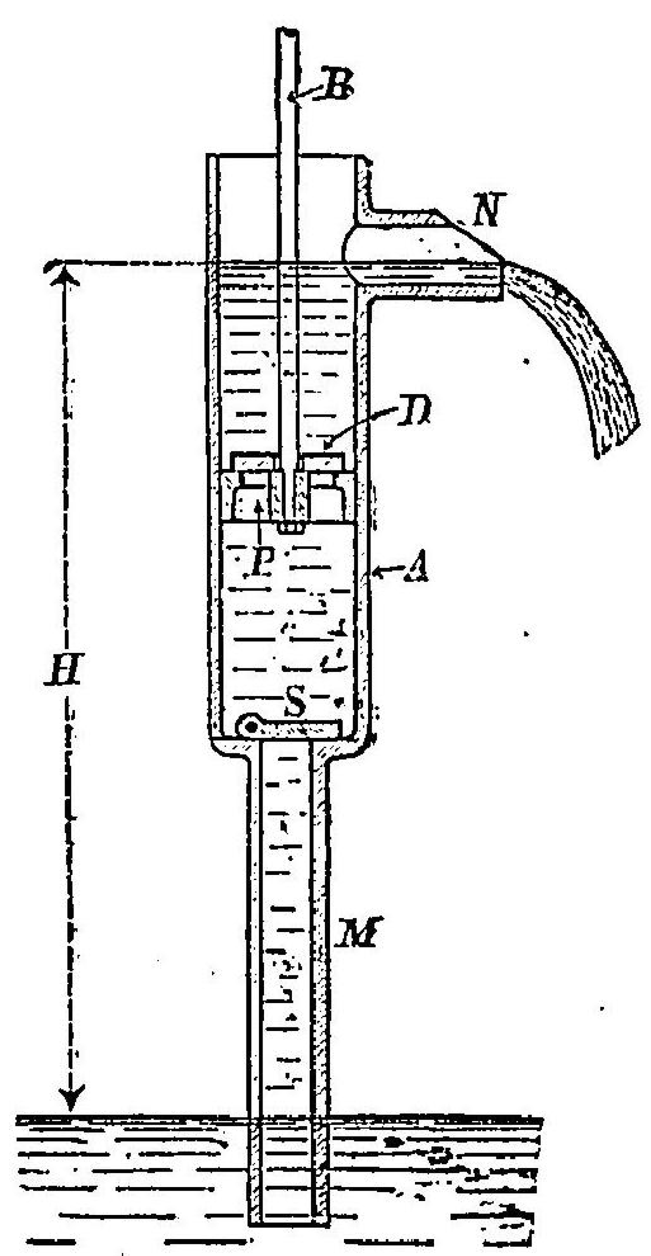
第四種、「パルソメートル」

第五種、旋轉「ポンプ」

以下此分類法に從ひ其各々の構造作用等の概要を述べやう。

目的と構造とにより「ポンプ」には甚だ多くの名稱が付けられてゐるものである。例へば空氣或は水蒸氣の排除に用ゐる空氣「ポンプ」蒸汽罐の給水に用ゐる給水「ポンプ」井戸の水を汲むに用ゐる井戸懸け「ポンプ」消火用の消火「ポンプ」油を汲む油「ポンプ」手力を以て動かす手働「ポンプ」蒸汽力にて動かす蒸汽「ポンプ」等殆ど枚擧に遑なき程であるが、此等は皆便宜に付けられたる名稱で、原理としては總て上記五種類の何れかに屬するものである。

第五百五十圖






**267. 「ポンプ」の吸揚げ作用**　「ポンプ」の壓揚げ作用と引揚げ作用とは「ポンプ」を運轉する働力さへ充分ならば如何なる高處にも水を送り得るけれども、吸揚げ作用には吸揚げ得べき水の高さに一定の極限があつて、如何に働力が充分なればとて一定の極限以上の高さに吸揚ぐることは絶對に出來ぬものである。其理由は前節に詳述したる所により明白なる如く、**吸込み管**中の水の高さは理論上33·9呎であつて、此れ以上には如何なる方法を盡すとも吸ひ揚げぬものである。第五百五十圖に示すは一種の吸揚げ引揚げ「ポンプ」で、「ポンプ」銲Rを以て「ピストン」P(圖の如く瓣を備ふる「ピストン」を特に**瓣付「ピストン」**と云ふ)を「シリンドル」A中に於て引き上ぐれば、「ピストン」の下部の空間は容積を增し眞空を生ぜんとする故に、水は吸込み管Mを昇り吸込み瓣Sを壓し開きて「ピストン」の動きたる空處を滿たす。次に「ピストン」を壓し下ろせば、「ピストン」の下部にある水は壓されて壓力を增し吸込み瓣Sは上面より此壓力に壓されて閉鎖し吸込み管M中に水の逆流することを遮るが、繰出し瓣Dは下面より壓力を受くる故に壓し開かれ、「ピストン」の下部に於て逃げ路を失ひ