内燃機關の鐵道車輛に對する應用

(昭和三年十月十一日第四百十九回講演會に於て講演)

正 員 工學博士 朝 倉 希 一

APPLICATION OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE TO THE RAILWAY ROLLING STOCK.

By Kiichi ASAKURA, *Kôgakuhakushi, Member.*

ABSTRACT

Owing to the competition between the automobile and the railway, the frequent service of the railway trains has become very important, and for this reason, the gasoline engine is now much used for the railway motor car. The Government Railways are now making 4-wheeled motor cars having 40 H.P. engine, which are to be assigned to the remote district. The Diesel engine is gradually applied to the locomotive. The Government Railways have placed an order of two Diesel locomotives to German makers. The Diesel engine for the locomotive use must be light but solid. The weight of 20 kg/H.P. may be considered as available. The electric transmission gear may be considered as the most convenient and applicable to the big power locomotive. The Diesel locomotive which may be substituted for the present biggest steam or electric locomotive of the Government Railways, must have 1500 H.P. Diesel engine and may weigh 150 tons. However its design is very difficult and moreover it is very hard to use such locomotive due to the economic point of view, because it will be of very high price.

1. 總 説

内燃機關の鐵道車輛に對する應用は極めて遅々たるもので、近年に至り漸く盛にならんとする傾向を生ずるに至つたが、これには理由のあることである。鐵道車輛は前進と同様に後進が出來ねばならぬし、又速度を廣い範圍で變化させることが出來ねばならない。自動車では變へ齒車に依つて之を行つて居るが、馬力の大なるものには齒車の設計が困難であるのみならず、自動車と同一馬力の機關を具へた鐵道車輛は自動車より數層倍重いから、齒車に加はる衝擊は自動車の場合よりも遙に大きい。従つて齒車の設計製作は益困難となる。去りとて他に之に代るべき適當な構造が出來なかつたこと、並に大形馬力用として軽いディーゼル機關がまだ出來なかつたことや、蒸氣機關車が廉價であり且又石炭が液體燃料よりも得易いことなどは内燃機關の鐵道車輛に對する應用を妨げて居たのである。

然るに内燃機關車は休止中に燃料を消費せぬこと、並に隨時運轉を開始し得る様
Nov. 1928]

な特徴があるので、此等の特徴が殊に必要な場合、例へば入換用などには既に相當使用せられた。そして内燃機關車は煙を出さずと云ふ特徴があるからして、軽いディーゼル機關の發達と、速度變更裝置に對する經驗の積まれたると相待つて、漸次鐵道列車用として使用せらるゝに至り各國で之を研究して居る。我國有鐵道でも 600 馬力のディーゼル機關車二輛を獨逸に注文してある。

内燃機關の鐵道車輛に對する應用を促進した原因が今一つある。それは自動車と鐵道の競争である。乗合自動車の競争の爲め漸次旅客が奪はれるので、鐵道に於ても小單位の列車を頻繁に運轉せねばならぬこととなつた。此の爲めに内燃機關應用の自動車が便利であるので漸次使用せられる様になつた。米國に於て可なり盛である。我國の地方鐵道でも可なり廣く之を應用して居る。鐵道省では本年度に四輪の自動客車 12 輛を製作して邊鄙の處に配置し、本線には相當回數の列車があつても支線には旅客數の關係上、回數を増せない様な箇所にて使用する豫定になつて居る。

2. 内 燃 機 關

鐵道車輛に應用せられる内燃機關はガソリン機關とディーゼル機關とである。小形のものにはガソリン機關が良いが大形のものにはディーゼルでなければならぬ。然るに車輛用ディーゼル機關は特別に軽い設計のものでなければ車輛の設計上に困難があるが、軽いディーゼル機關は各國に於て今盛に研究せられて居る。従つて數年の後研究が進んだ上にディーゼル機關應用の範圍が廣がるであらうが、現今の狀態では可なりの大きさのもの迄ガソリン機關が使用せられるのであつて、概して云へば自動客車にはガソリン機關が使用せられる、機關車には中形以上にディーゼル機關が使用せられるのである。

米國の自動客車に使用せられる機關の馬力は段々大きくなつて、今では 400~500 馬力のものもある。尤此の如きものは一輛に二臺の機關を据付けて居るので、一臺の機關の馬力は大抵 275 馬力以下である。此の程度の機關にディーゼル機關を使用したものがあるが、故障が多いので安心して使用出来ぬと云ふことが一般に認められて居る様に見へる。尤是は米國に於ける此の種のディーゼル機關の發達が遅いからであると見られるが、此の種のディーゼルは獨逸に於ても中々思ふ様には出来ぬ様で

ある。獨逸の國有鐵道會社が 45 乃至 200 馬力の自動客車 57 輛を有して居り、その中 30 輛はディーゼル機關を使用して居るが、満足出來ぬものが可なり多いとのことである。尤 Maybach 工場製の如きは良い成績を表はしたと云ふ。一體車輛用ディーゼル機關は皆ソリッド・インゼクション式であるが Maybach 工場のものは空氣吹付式で而も重量は 8 kg/HP である。即設計と製作が良いならばディーゼル機關はガソリン機關と同様の重量で出來ることを示すものである。

今ガソリン機關の一馬力當りの重量を求めると Mack 會社の 120 馬力では 8.4 kg であり、Brill 會社の調査では 6.8~9.1 kg、G.E. の調査では 6.8 kg である。鐵道省が目下計畫中の自動車のガソリン機關は、池貝製 1100 回轉 40 馬力で約 11 kg/HP である。上述のものよりも重いが、運轉の確實性と耐久性を増す爲めには多少重くなるのは止むを得ない。そして稍もすれば外國品の馬力は實際のものと異なる場合がある。

ディーゼル機關の車輛用のものを表示すると第一表の如くなる。本表に依ると一馬力當りの重量には非常に差がある。米國 G.E. の調査に依れば 200 HP のものは 27 kg/HP で、166 HP のものは 43 kg/HP であると云ひ、Lipetz 氏は機關車用としては 16~27 kg/HP が現今の趨勢であると云ひ、Lomonossoff 氏は 20~30 kg/HP であると云ふ。又同氏の説では車輛用のディーゼル機關は荷重を減じたる場合にも運轉が確實なものでなければならぬので、此の點から云へば四サイクルが二サイクルに勝る。重量の點からは二サイクルが勝る様であるが、720 rpm 以上では却て四サイクルが軽い。そして 720 rpm では 12 kg/HP であつて、此の程度のものが最適當であると考へて居る様に見へる。又 Geiger 氏は 10~20 kg/HP たるべしと云つて居る。此の如く實例も一致せず、諸家の説も一致しないが、20 kg/HP 位で出來たならば先づ良いのではあるまいかと思はれる。

MAN の 600 馬力のものは 700 rpm で一氣筒 100 馬力であり、少時間は 800 rpm 迄行ける。下の方は 350 rpm 迄は出來る。初め 230 rpm の豫定であつたが、之は困難と見へる。氣筒蓋は鑄鋼、氣筒は特種鑄鐵（抗張力 35 kg/mm² 程度）、ピストンは輕合金、コネクティングロッドは壓延製輕合金である。

Krupp の 600 馬力のものは氣筒蓋は鑄鋼、氣筒は鑄鋼の枠に特種鑄鐵の入れ子を入れてある。ピストンはパツキンを入れてある所から上は鋼で、下部のピンの取

Nov. 1928]

第1表 車輛用ターゼル機關

製 造 者	HP	氣筒數	氣筒徑	行程	r.p.m	重量 噸	重量 kg/IP	油消 費量 gr/IP	ピストン 速 度 m/sec	MEP kg/cm ²
	1500				400	38.5	25.7			
MAN	1000 (1200)	6	450	420	450	33	33		6.3	5.0 (6.0)
"	600	6	280	380	700	8.6	14.3	190	8.9	5.5
"	400	4	280	380	700	8.0	20	190	8.9	5.5
"	300	6	220	320		7.6	25.3	190		
"	150	6	165	220	900				6.6	5.3
"	75	6			1000					
Krupp	600	6	350	350	530				6.2	5.05
Motoren Werke Mannheim	250	6	250	350	375					
Maybach	150	6	140	180	1300	1.2	8	180~ 220	7.8	6.25
Sulzer	900	16			700	14.5	16.1			
"	440	6	250	300	500				5.0	4.5*
"	250	8			550	*7.8				
Atlas	120	6			500			195		
"	75	6			550			200		
Beardmore	200- 800				750		6			
Ingersoll Rand	300	6	254	305	600			193	6.1	4.85

* 2 cycle * 附屬品を含む

付部は鑄鐵である。此の機關車は變へ齒車式でその外形は第一圖の如くであり、重量は 62 吨である。MAN のものはディーゼル電氣機關車であつて、外形は第一圖のものと同様であり重量は 58.5 吨である。

獨逸製のディーゼル機關車は此の如く軽いが、第一表の Ingersoll Rand 製ディーゼル機關を使用した米國 G.E. 製ディーゼル電氣機關車は

馬	力	300	600	750
重	量 米噸	60	100	108

の如く重い。その一因はディーゼル機關が重いのではないかと思はれる。

重い機關は頑丈であるから無暗に之を排すべきでない。殊に一定限度以下に軽くすることは、特種材料を多量に使用することとなつて價格が高くなるから、寧廉價な丈夫なものが望ましい。然し重量は機關の使用の目的に依りて色々の制限を受けるのである。我國に於て使用するとせば自動客車と機關車とを考へねばならぬが、我國では自動客車用は 150 馬力以下のもので當分間に合ふからガソリン機關で良い様に思ふ。此の目的にディーゼル機關を使用するのであるならば非常に軽いものを選定する必要がある。機關車の場合は必しも非常に軽いことを要しないが、我國に於て最大形の機關車を製作するとせば、後に述べる様に 1500 馬力位のものが問題となるが、1500 馬力では 20 kg/HP として 30 吨となり、30 kg/HP で 45 吨となる。Mayer 氏の云ふ所に依れば 400 rpm で 38.5 吨であると云ふ。30 吨の機關を使用して機關車重量は 150 吨位となつて設計が中々困難となる。小なる機關車には一層重い形でも差支あるまいが、20 kg/HP 位のものを差當りの目標として研究する必要があると思ふ。又我國の機關車は狹軌であり車輛限界の高さも低いので、ピストンの行程を大とすることが出来ない。MAN のものは 380 mm であるがこの程度が最大であるまいか、従つて大形機關に在りては氣筒數を増加することが必要と思ふ。

3. 動力傳達裝置

速度を廣い範圍に變化し得るディーゼル機關を製作し得る様になつてから、ディーゼル機關で直接に動輪を運轉する裝置も發表され、又 Still 機關又は之と類似のものを作つて動輪を直接運轉する考案もあるが實用の時代とはなつて居ないで、今では

Nov. 1928]

第 1 圖 Krupp 製ガーゼル機関車

軌間 1067 mm. 動輪直徑 1250 mm. 先従輪直徑 940 mm. 固定軸距 2920 mm. 全軸距 7480 mm. 連轉整備重量 62,000 kg. 粘着重量 45,000 kg. 最大動輪周引張力 12,000 kg. 最大速度 10/25/60 km/h. ガーゼル機関出力 600 PS. 同左に於ける廻轉數 530.

第 2 圖 クラッチを壓縮空氣にて動かす装置

第 3 圖 油壓で動かすクラッチ

皆動力傳達装置を使用して居るが、如何なる種類が最良いかに就ては定論がない。

問題となるべき動力傳達装置は

a. 變齒車式、b. 油ポンプ式、c. 壓縮空氣式、d. 電氣式である。

(a) 變齒車式

100 馬力以下のものには之が主として使用せられる。150 馬力位迄も用ひられる。

Nov. 1928]

小馬力のものは齒車を拔差してカミ合を變更する。鐵道省で目下計畫中の 40 馬力のものには之を使用して居る。馬力が大となると此の方法は危險であるので齒車はカミ合のままとし、クラッチの拔差に依つて適當のカミ合の齒車を使用することになつて居る。

クラッチは摩擦式又は電磁石式である。摩擦式でも直接に機械的結合に依つて動すこと困難な場合があるので、第二圖の様に壓縮空氣又は油壓で動かすのがある。又圓錐クラッチの代りに圓板クラッチが段々使用せられる様になつた。圓板は油壓で動かされるので第三圖は之に似て居る。

變齒車式は又大馬力のものにも使用せられる。即ロシアの 1000 馬力機關車に之を使用した、もと電氣式として製作したものに比較すると引張重量に於ては 5 % 増、燃料の節約は約 10 % であると云ふ。又目下 Krupp 工場は米國鐵道に對し、之と同様の構造の 2,000 馬力機關車を製造中であると云ふ。

齒車式ではカミ合を變へた時速度に段が付く。即齒に對する突當が大い。それ故豫めクランク軸に在る元クラッチを外し置き、齒車軸とクランク軸と同一回轉となつた時元クラッチを入れるのが至當であるが、之れが實際には相當困難であるので此の兩者の回轉數が多少異り得る爲めに、我國より注文の機關車に對してはクラッチとして第四圖の如き油ポンプ式クラッチを取付けて居る。此のポンプの氣筒の脇路バルブを漸次開放又は閉鎖することに依りて兩軸の回轉數は色々に變化させることが出来る。兩者が一致した時にはクロウクラッチを入れるのである。

齒車式では速度が大きな階段を爲して變化する。従つて丁度最大馬力を出せる様に設計した速度以外の速度の所では規定丈の馬力が出ない。此の様な缺點はあつても効率が良いので、ロシアの機關車の場合には機械效率が 90 % である爲め、機關車の動輪周に於ける熱效率は 29 % に達したと云ふ。

(b) 油ポンプ式

油ポンプ式は相當良い方法であると信ぜられて各方面で試験せられその種類が多い。Lenz 式は早くから實際に使用せられた。此の Lenz 式はヴェーン・ポンプとロートルから成り、ポンプの室が二つ又は三つに仕切つてあつて、此の室とロートルとの間の通路を開閉する様になつて居るから、ポンプの一室の油をロートルに入れた場合が最遅く、ポンプの全體の油をロートルに送つた場合が最早くなる。此の

[Vol. XXXI, No. 139]

第 4 圖 Krupp 會社の油壓式元クラッチ

式は 250 馬力以下位のものに相當數使用されたが、相當期間使用すると油が熱したり洩れたりして效率は 50 % 位に低下し且故障もある。それ故新しい時に 80 % 位の效率を出すものはあつても運轉成績は良くない。他の式でも同様と思はれる。Lomonossoff 氏の説に依れば油ポンプ式の效率は 60~70 % であるが、油を冷す爲めに冷却器の大きさを 30~40 % 大とせねばならぬことは機關車として苦痛である。

瑞西の H. Schneider 氏の考案は油ポンプ式と齒車式との結合式であつて效率が良いと云はれて居る。此の式ではクランク軸からジャック・シャフトに力を傳へるのに一部は齒車裝置に依り、一部は油ポンプを通して傳はるので構造甚複雑である。

(c) 壓縮空氣式

Nov. 1928]

第 5 圖 鐵 道 省 の 自 動 客 車

此の式は比較的に軽く且廉價に作り得る望があるので、此の式に望を囑して居る學者がある。伊太利で試験中であり又獨逸の Esslingen 工場では MAN 1200 馬力機關を使用した此の式の機關車を獨逸國有鐵道會社の爲めに製作中であると云ふ。此の機關車の熱效率は 20~25 % の豫定であるからして動力傳達裝置の效率は平均 70 % 位と思はれる。Lomonossoff 氏の説に依れば效率は 70~100 % である。效率が此の様に高いのは、吐出瓦斯の熱を利用して壓縮空氣を熱するからであると云ふ。

(d) 電 氣 式

本式は既に多數に使用せられて居る。制御が自由であるのと最經驗があるので安心して使用出来るると喜ばれるが、その缺點は重量が重くて且高價であることである。米國では 150 馬力以上は大抵この式を採用し GE 會社の如きは 100 馬力以上は本式がよいとし、乗合自動車の如きにさへ使用して居る。歐洲に於ても 200 馬力以上のものには之れを良しとする人が多い。本式が速度の加減が自由なことと取扱の樂であることは自動客車や入換機關車に殊に適する所以であるが、米國に於ける内燃機關の應用が大抵この二種の車輛に限られて居ることは、即本式が米國に於て

最良いと認められて居る一因であらう。

本式にも色々の方式があるが概して直流式であつて、電動機は直捲式であり、發電機の界磁電流を加減して電壓を加減し、之に依つて電動機のを速度を加減するのが普通である。然しその構造や電線のつなぎ方法等には色々の區別がある。

本式では内燃機関と發電機と電動機とを使用するからして、引張力はその何れか弱いものに依りて制限せられることとなる。内燃機関と電動機とは速度と出力との關係を示す特性が異なるからして、同一馬力のものを使用したのでは内燃機が十分な馬力を出すことが出来ない。そこで一般には電動機の馬力は内燃機の馬力より大きい。今實例に就て調べて見ると第二表の如くである。後に示す様に 1500 馬力のディーゼル機関に 1850 馬力の電動機を使用すると丁度我が國有鐵道の最大機關車と同様の仕事を爲し得ることとなるが、最大電流を使用する場合と最高電壓を使用する場合と一致せぬ爲め、實際に出し得る最大出力は 1250 馬力に過ぎぬのである。電動機の大さを大とすると製作費に影響するからして實際の使用目的に依り適當にその大きさを定めねばならぬ。

第 2 表 機関馬力と電動機馬力

製 造 者	機関の種類	馬 力		$\frac{M}{E}$
		機関 (E)	電動機の 一時間定格 (M)	
J.B. Brill Co.	ガソリン	250	280	1.12
"	"	500	560	1.12
Electro Motive Co.	"	175	300	1.71
"	"	400	600	1.50
" 及 G.E.	"	275	300	1.09
"	"	550	800	1.45
W.H. Hall Scott Motor Co.	"	300	280	0.934
Beardmore G.E.	ディーゼル	185	200	1.08
Beardmore W.H.	"	340	400	1.18
"	"	300	430	1.43
Ingersoll-Rand G.E.	"	600	800	1.33
"	"	300	380	1.27
B. B. C.	"	250	250	1
"	"	200	200	1

Nov. 1928]

4. 自 動 客 車

内燃機関應用の自動客車には色々の種類がある。佛國に於て行はれるものは重いもので 10 吨、軽いもので 4 吨位、即小形のものである。米國にも色々ある。小形のものでは前部にボギーがあつて後部は一軸で之を動輪としたものがある。是は自動車と同じ様な運轉装置が使用出来るもので、比較的小形のものに使用せられる。此の種のもは運轉臺が車輛の一端にのみあるので、終端驛で轉向させる必要がある。又四輪車にも轉向を要するものもあるが、近來は漸次兩端に運轉臺を設ける様になつた。

鐵道省で目下計畫中のものは四輪車で第五圖の如きもので 40 馬力の機関を車體の下に釣り運轉臺は兩端に在り、坐席 34 個、小なる荷物室あり、滿載量重 18 吨の豫定で、運轉速度は平坦線で約 50 km/h、1 % の勾配で 30 km/h、2.5 % の勾配上で 16 km/h の豫定である。速度變更は前進後進共四段である。

ボギー車の場合は我國に於ては 100 馬力位のものを使用したならば、上述のものと同様の運轉を爲し得ると思ふ。國有鐵道の京濱線電車では電車一輛平均 300 馬力の電動機を使用して居る割合であるが、之は加速度を大とする爲めに必要なのである。即約 1.8 km/h/sec. の加速度が得られる。此の如き大なる加速度は一般の線路には必要がない。

米國のボギー車は段々大馬力のものを使用する様になり、近年製作のものは 250 馬力以上のものが多い。中には 400~500 馬力のものもある。是等の自動客車は一輛又は二輛の附隨車を引張るから單車に就ては 150 馬力以下が普通である。250 馬力以上のものは電氣式である。電氣式の場合は車體の一端に發電機直結のガソリン機関を据付け、車臺に電動機を取付けて居るから電車と同様であるが、變齒車式の場合にはボギーと車體との間の相對運動に適應させる爲めに特別の構造を必要とする。その一つの方法として Brill 會社では第六圖の如きものを採用して居るが、之れよりも電氣裝置の方を勧めて居る。機関を臺車に取付けると動力の傳達は具合がよいが、機関の操縱が面倒となる。此の如き場合には第二圖の如き方法が役立つのであつて、此の如き方法に依れば比較的小馬力のものを各臺車に取付けることも出来る。

第6圖 Brill 會社の運轉裝置

5. 機 關 車

小馬力のガソリン機関を使用する様なものは設計も製作も困難ではない。國有鐵道で使用する様な大形のディーゼル機関を使用する機關車に就て考へて見るに、先づ如何なる箇所にディーゼル機關車を採用すべきかを考へる必要がある。之れは煙の出ないと云ふ特徴を最有効に利用し得る列車であると思ふ。即都會附近に於ける入換用、隧道多き區間用、特に重要な列車用等である。

入換用程度のものは目下獨逸に注文してある機關車で大抵の場合は間に合ふ。若し

第 7 圖 1500 馬力ディーゼル電気機関車

MAN の機関の様に軽いものが製作上困難であるならば、多少重い機関を採用しても此の程度の機関車の設計は出来る様に思ふ。隧道区間は勾配線である。勾配線には大馬力を要する。又特に重要な列車例へば東海道線の急行の如きも大馬力を要する。そこで此等の大馬力機関車に匹敵するディーゼル機関車を製作するとしたならば如何なる機関車を作るべきかを調べて見る。東海道の急行機関車としては C53 形 (2C1 三気筒機関車) 蒸気機関車又は EF 52 形 (2C-C2 形 108 吨のもの) 電気機関車を使用することになつて居る。C53 機関車の動輪周に於ける馬力は 1200 であるからディーゼル機関車の動力傳達装置の効率を 80% と見て 1500 馬力のディーゼル機関を要することとなる。EF 52 は弱め界磁連続定格で 1240 馬力あるが、高速度に於ける馬力が小さいから、C53 と同じ出力と見て差支ない。

此の程度の機関車の動力傳達装置を變へ齒車式とすれば恐らく齒車が臺枠の間に納めるに困難する程度のもとなるであらう。依つて電気式として考へるに、發電機の直徑が大となる爲めクランク軸を高い位置に置かねばならぬこととなり、之も設計が困難となる。依つて 750 馬力のものを二臺据付くものと假定する。かくの如くすれば機関車が長くなるから關節機関車の構造を採用することが必要であらう。そこでノーズサスペンション式の電動機を使用するとすれば丁度 EF 52 形電気機関車と同様の車輪配置で出来る様に思ふが重量は 150 吨位にならう。第七圖は

此の種の設計の一例である。電動機は 225 KW のもの 6 個即全體にて約 1,850 馬力とする。速度の加減は電壓の變化に依るとする。低速度では電動機は 50 % の過負荷で運轉するとして、此の機關車の速度と引張カとの曲線を求めると第八圖の様になる。之に依るとその引張力は C 53 形のものより少しく多い様に見へるけれども、之れはディーゼル機關が各速度に於て圖示の如き馬力を出すと假定してである。

實際にはディーゼル電氣式では電壓を階段的に變化させるので、一定の電壓の下に於ては速度が進むに従つて馬力が減ずるから、實際の引張力は第八圖のものより減じて

丁度 C53 形のものと大體同様のものとなるのである。即ディーゼル電氣機關車では電氣機關車よりも蒸氣機關車よりも重量が重くなる。150 噸を 2C-C2 形とすれば平均一軸に 15 噸宛となるから、此の機關車の設計は相當困難であつて、各動輪上の重量 15 以上とする必要がある。此の如くであるからディーゼル機關は成るべく軽いものを選ぶ必要がある。

次に價格を見るに上記のディーゼル電氣機關車は 35 萬圓位するのではないかと思ふ。C53 形蒸氣機關車は 101,000 圓であつて、一ケ年の石炭消費量は約 1600 噸であるから、一噸 15 圓の石炭と見て石炭代が 24,000 圓である。價格の差が約 250,000 圓であるから、利子並消却をその一割と見做せば 25,000 圓となるから經濟上からは成立たぬこととなる。Lomonossoff 氏の説に依ればディーゼル齒車式機關車は同じ大さの蒸氣機關車の代價の約 1.5 倍、ディーゼル電氣機關車は約 2.5 倍で

Nov. 1928]

あると云ふ。假りに此の係數を採用すれば C53 形蒸氣機關車 101,000 圓に對しディーゼル齒車式は 151,500 圓、ディーゼル電氣式は 217,500 圓となるが、我國の現狀では此の如き代價では出來難いことと思ふ。經濟比較は上述の様に簡單に行かぬので、上述のもの以外色々の事柄を考へねばならぬのみならず煙が出ないと云ふ特徴があるからして、今後ディーゼル機關車が採用せらるる望がないことはないが、ディーゼル機關が廉價に供給出來ることが先決問題であらねばならぬ。それには最廉價に出來る様な構造のもので最も軽い形式のものに就て研究を進める必要があると思ふ。