



特254

41

教學叢書第六輯

航空機發達の趨勢

和田小六

始



特254
41



航空機發達の趨勢

和田小六

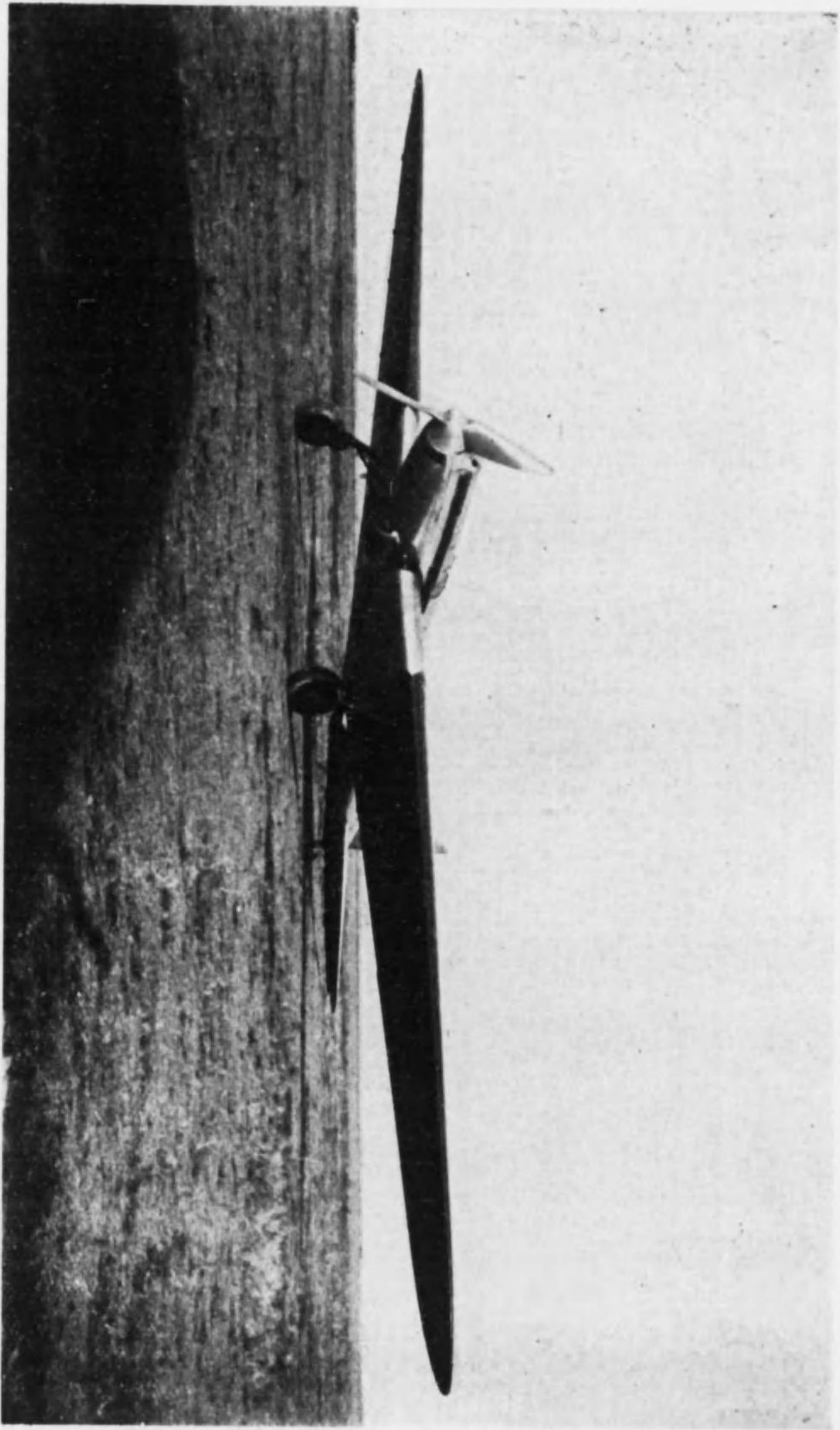


發行所寄贈本

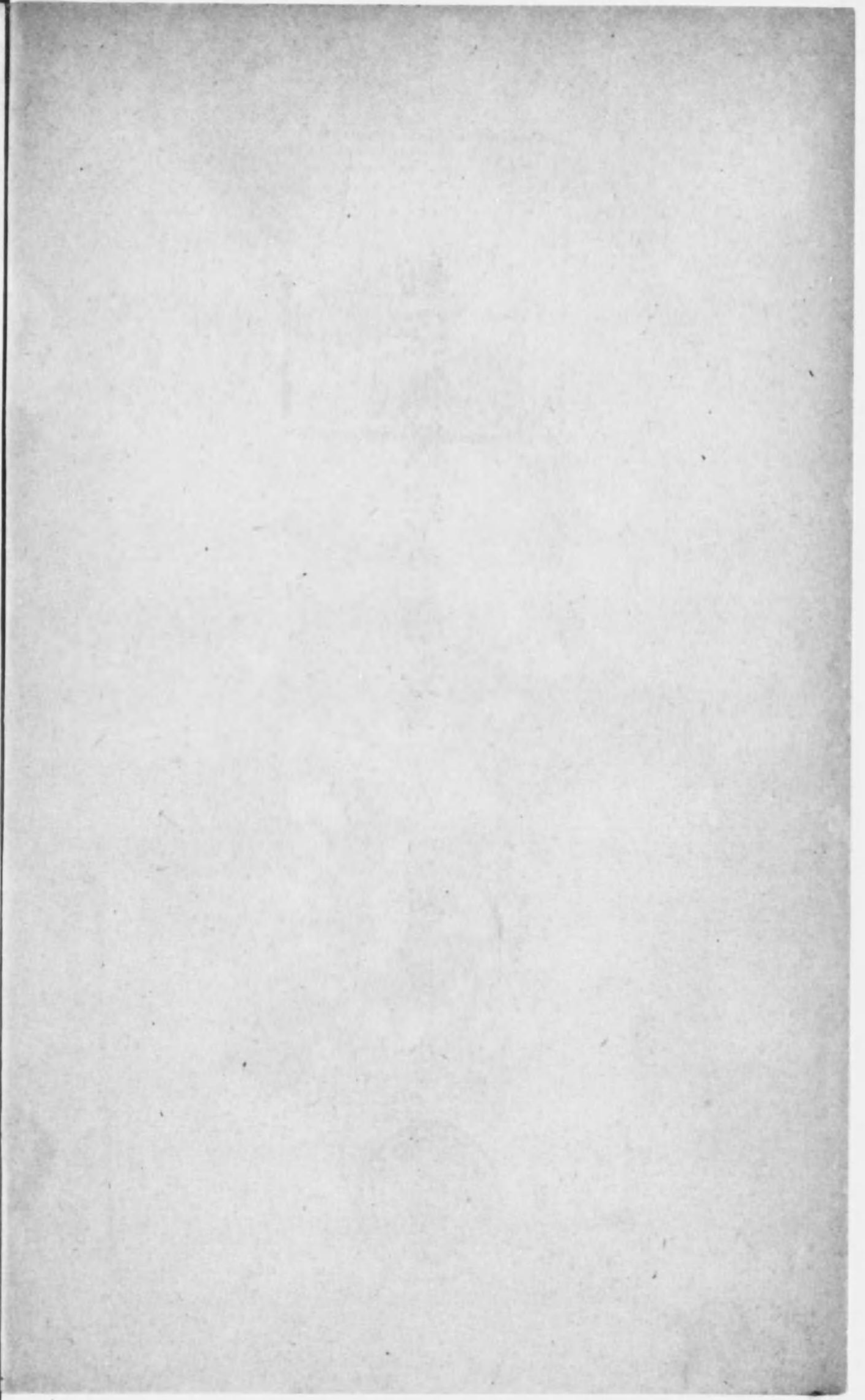
本叢書は教學の刷新振興、並に時局の正しき認識に資するため「教學叢書刊行の趣旨」に基づき編輯したものである。
本篇は、昭和十三年三月教學局主催の日本文化研究講習會自然科学科第二回講習に於ける、東京帝國大學航空研究所長工學博士和田小六氏の講演速記に、同氏の訂正加筆を経て上梓したものである。

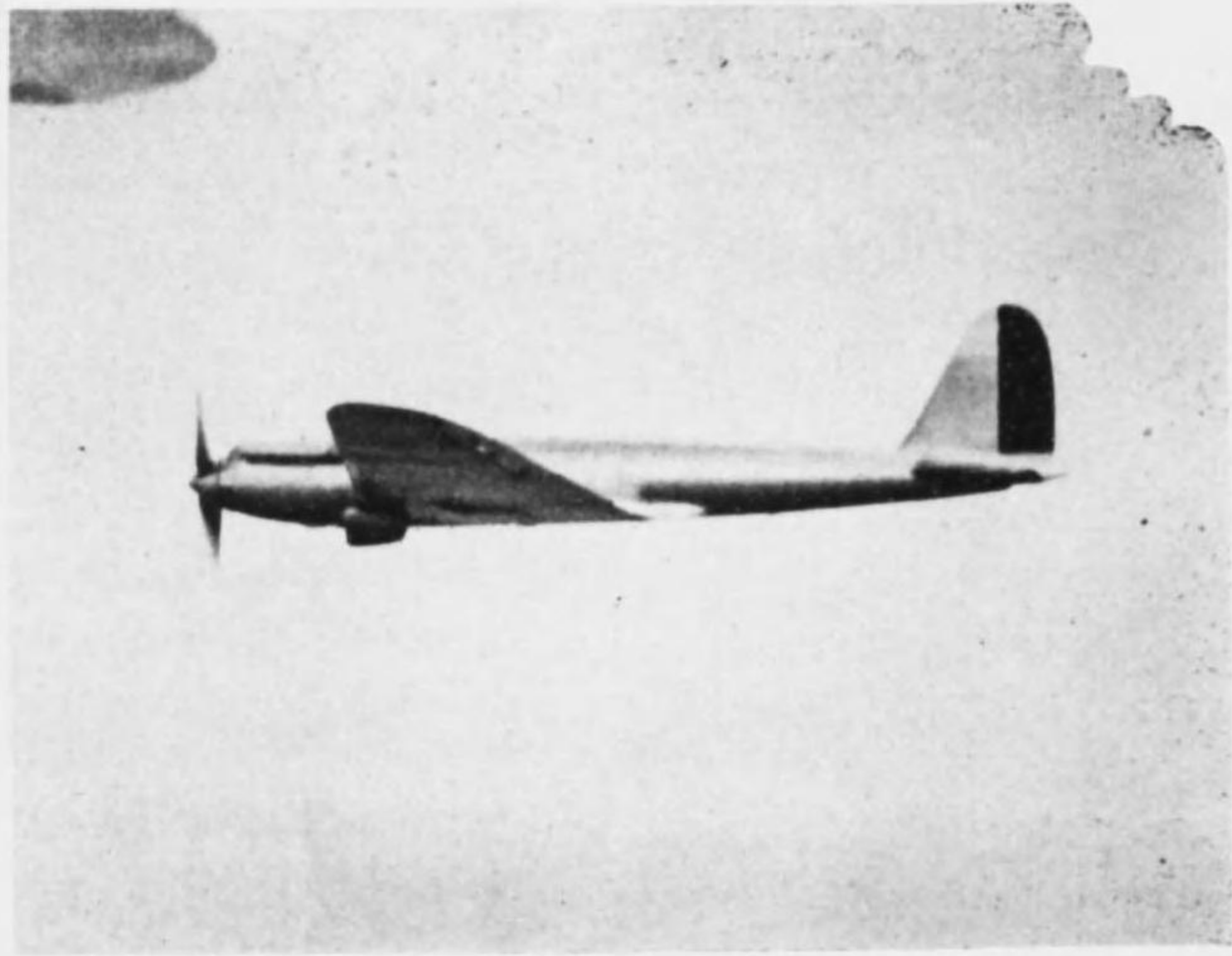
昭和十四年三月

教 學 局

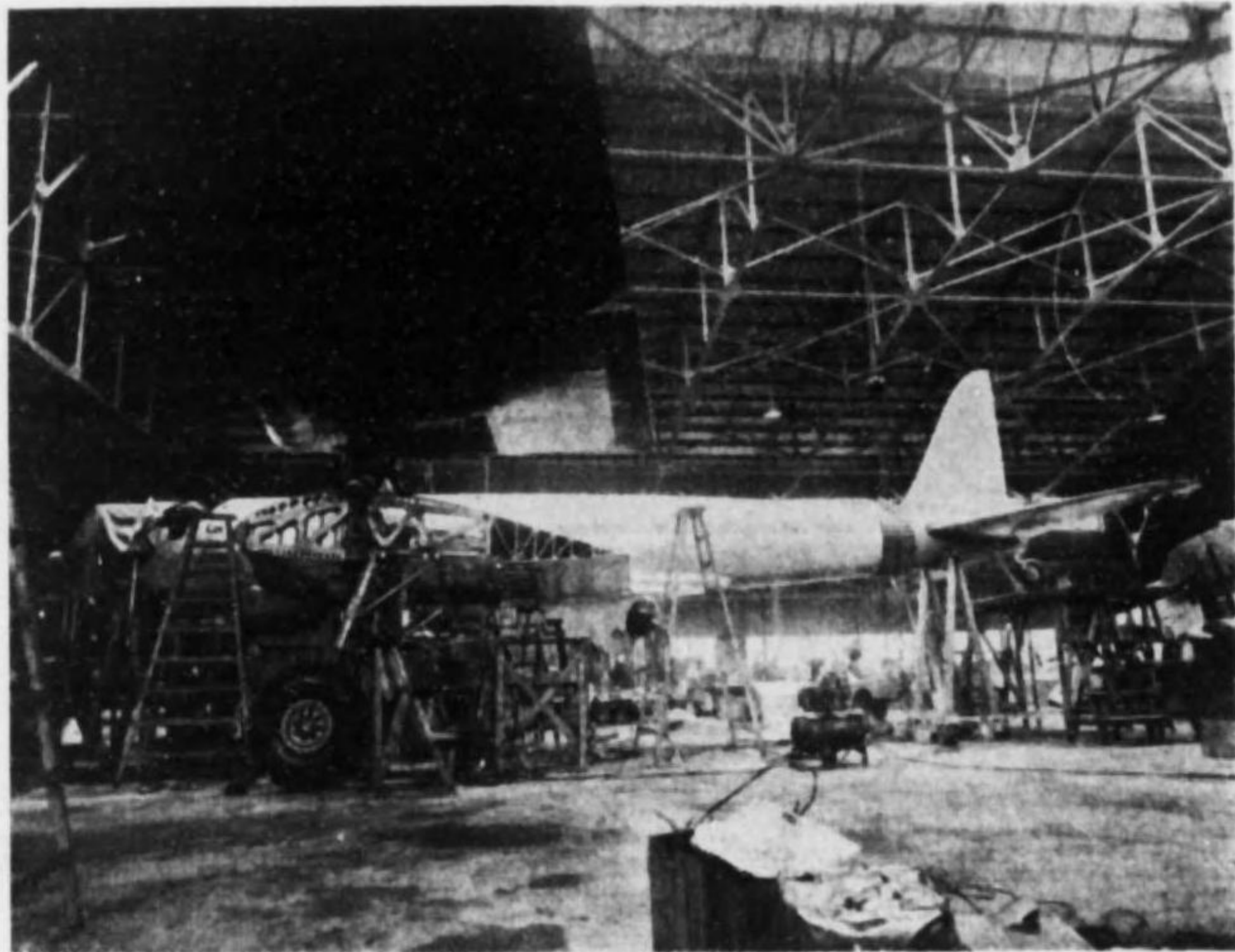


航 班 機 の 停 空





飛 翔 中 の 航 研 機



同 上 製 作 中

航空機發達の趨勢

航空機發達の趨勢に就いて申上げることになつて居りますが、本論に入ります前に一言申上げます。

飛行機は本支那事變に於て非常な活躍を致し、吾々國民の感激の的となつて居り、又交通機關としての重要性も充分に認められ、航空路は日一日と擴まりつゝあるのてありますが、併し、飛行機を唯單に、交通上の利器、軍用上の武器としてのみ見るといふことは、その能力を充分に認識して居るものではないと思ふのであります。吾々人類がこの地球の上に生活を営むやうになつてから、非常な年月が經つて居り、その發達の歴史などは一向に存じませんが、併しその長い間人類の活動は地球の表面に限られて居つたといふことは疑ひのないことであると考へるのであります。然るに飛行機の出現によりまして、吾々は初めて空間を利用することが出来る様に

なつたのであります。吾々の活動は立體的になり得たのであります。でありますから、この飛行機の出現といふものは吾々の生活に極めて重大の意義を齎すものなのであります。營に交通上、軍用上の利器であると云ふやうな、單純なものではあり得ないと思ひます。必ずしもつく／＼深刻なものを人類の生活の上に齎すものであると私は確信するのであります。

然れば、この飛行機によつて齎されました所の、所謂空の問題と云ふものは、吾々専門家のみが關心を持ち、又吾々のみに委して置けるものではないのであります。皆様方も大なる關心、誤りなき認識を當然御持ちにならねばならぬことなのであります。

又、我が國が空の問題に於て出足が遅かつた。立遅れたと云ふことを屢々耳にするのであります。今回の支那事變に於て現されました我が空軍の威力について見ましても、我が國現在の空の力は決して世界の水準に勝るとも劣つては居らないといふことが分るのであります。又假令過去に於て何があらうとも、空の問題は是か

ら始まるのであります。飛行機も今迄は補助的に用ひられたに過ぎないのであります。これからは空の問題を眞剣に考へなければならぬのであります。この本當の空の問題の始まらんとする時に於て立遅れないやうにしなければならぬと思ふのであります。

前置きは此の位に致しまして、本論に入ることに致します。先づ飛行機の發達の歴史を申し上げます。

現在のやうな型式の飛行機、詰り機械的に飛ぶといふことが可能であることは、既に前世紀の半ば以來から理論的に認められて居つたことなのであります。之を動かす動力がございませぬ爲に、其の實現を見なかつたのであります。内燃機關の發達に依りまして、初めてそれが得られ、機械的飛行に成功することが出來たのであります。

初めて飛行に成功したのは、千九百三年十二月、ライト兄弟が北米合衆國ノースキャロライナに於て五十九秒間飛んだのに始まるのであります。其の時用ひまし

た發動機は四氣筒で僅かに十二馬力のものでありました。

これに依つて人間は自由——當時は自由とまでは参りませんまいけれど、兎に角自分の意志によつて空中を飛び得るチャンスを得たのであります。

其の後世界大戦が千九百十四年夏に勃發したのでありますが、其の時には既に飛行機の實用性といふものは充分に認められて居りまして、大戦中には非常に澤山の飛行機が作られました、戦闘に参加致して居るのであります。その有様を申し上げますならば、大戦の當初に於きまして、英吉利が持つて居りました飛行機は——當時英吉利は未だ空軍を持つて居りませんでしたから、陸軍に百七十九、海軍に九十三、合せて僅かに二百七十二臺の飛行機を持つて居つたに過ぎないのであります。然るに休戦時に於ては聯合軍側で持つて居つた飛行機の總數は二萬二千といふ多數に上つて居るのであります。又獨逸は大戦中に、約五萬の飛行機と、百に餘る航空船、即ちツェッペリン航空船を作つたと謂はれて居るのであります。

又かゝる急速な空軍の整備を致します爲に必要な航空工業の擴充は非常な勢で

なされたのでありまして、聯合軍側について申しますならば、戦争の始まりました當初十二ヶ月間の平均生産能力は一ヶ月僅かに約五十臺でありましたが、戦争の終ります前一年間の平均生産能力は二千七百臺に及んで居るのであります。又休戦當時に於ては英吉利だけで三千五百機を生産し得ると誇つて居たのであります。これを以て見ましても一朝事有る際に如何に多數の飛行機が必要であり、又これに對する製造能力が必要であるか、御分りのこと、存じます。

大戦が終りまして第一に考へられましたことは、戦争中に造つた有り餘る飛行機を、如何に利用したら宜いかと云ふことであります。それには先づ飛行機を如何に平和的に利用し得るか、問題であつたのであります。併し戦後の世界經濟界の不況にも禍され、暫くの間航空界は一向に振はなかつたのであります。追、飛行機の實力といふものが認められるやうになるにつれ、飛行機は時代の花形として國防、産業の上に必要缺く可からざるものとなつたのであります。

民間航空に就いて思ひ出されますことは、英國のとりました航空政策であります。

第一表 —— 英獨の航空豫算と航空勢力

英 國		獨 逸	
年 次	航空豫算(磅)	航空豫算(馬克)	航空隊 機 數 人 員
1934	20,365,600	—	36 400 12,000
1935	31,002,100	211,000,000	84 900 28,000
1936	55,705,600	500,000,000	225 1,800 42,000
1937	88,588,600	980,000,000	360 2,800 55,000
1938	111,502,000		

英國は飛行機を平和的に用ひることを考へた最初からその目標を、世界に散ばつて居るその植民地を本國に結び付けること、即ち英帝國を統一する爲の航空路の開拓完備に置いて居るのであります。着々その効果を收めつゝあるのであります。この點我が國の民間航空なども何か、も少し具體的の目標を國民に知らしたいやうな氣がするのであります。

今日世界各国何れも空軍整備に全力を擧げて居る有様でありまして、その空軍勢力は一國の國防の標準とも見られるものであります。此の空軍が出来た爲に、世界の

第二表 —— 獨逸空軍の組織



ります。獨逸に於てもやはり豫算は四倍以上になつて居りまして、航空隊の殖え方

情勢が色々に變化し、又空軍はその變化に應じまして益々膨脹しつゝあるかの様に思はれるのであります。これも結局人類が今迄の平面的釣合ひを見直して立體的釣合ひへの建設の過渡期を示すものではないかと思ふのであります。

それで今日如何に航空の擴張整備に對しまして各國が努力して居るかといふことは、第一表に示しました各國の航空豫算を御覽になれば御分りのこと、存じます。

御覽の通り英吉利は千九百三十四年から今日までにその航空豫算は四倍以上になつて居りまして、これは益々増加しつゝあるのであります。

なども非常に著しいものがあります。

かく航空施設は非常な勢を以て擴大されつゝあるのでありますが、同事にそれが獨立の單位として働くやうな組織になりつゝあるのであります。其の一例として獨逸空軍の組織を御覽に入れますと**第二表**に示しました通りであります、空軍省の下に總べての機能を備へて居るのであります。

次に軍用以外の航空機の發達に就いて申し上げます。それには先づ、現今世界に於ける重要な定期航空路に就いて申上げたらよいと思ひます。現在の飛行機の性能を以てしますれば、その活動の舞臺は世界的でなければならぬのであります、狭い所に張り廻らされた航空路などといふものは第二義的の意味しか持たぬものでありと考へるのであります。現在の飛行機を狭い所に使ふと云ふことは非常に不利なことであります。我が國に於きまして、現在航空路が一步も海外——滿洲は別として——に出で居ないと云ふことは、其の事自身が我が民間航空の發達を妨げて居るのであります、民間航空を發達させようとすれば、どうしても世界の半分位の地

第三表——世界主要定期航空路と延長距離

國別	運航區間	距離(杆)	日數	往復回數	國別	航空路延長距離(杆)
英	倫敦—ブリスベン	20,492	13	毎週 1	日本	7,267
英	倫敦—ケープタウン	13,374	10	毎週 2	伊太利	17,614
獨	柏林—サンチヤゴ	15,255	4.5	毎週 1	和蘭	28,312
佛	巴黎—サンチヤゴ	14,478	5	毎週 1	佛蘭西	53,645
佛	マルセイユ—ハノイ	11,472	9	毎週 1	蘇聯	67,304
和	アムステルダム—バンドン	14,242	6	毎週 2	獨逸	72,611
蘇	莫斯科—浦鹽斯德	8,190	4	毎日 1	英帝國	90,178
聯	莫斯科—桑港	4,329	0.8	毎日 3	米國	92,450
米	紐約—香港	14,000	8	毎週 1		

域に其の網を張らなければその能率は上り得ないと思ふのであります。**第三表**は現在各國がやつて居ります主要なる航空路を示したものであります。

英吉利は倫敦から印度を超え濠洲に迄その航空路を延ばして居りますし、又南阿ケープタウンへも延びて居ります。獨逸、佛蘭西何れも南大西洋を超え、アンデスの嶮を征服しまして南米智利のサンティアゴ迄その翼を延ばして居るのであります。和蘭もアムステルダムからジャバ迄航空路が達して居ります。亞米利加はその優秀なる飛行艇を以て遠く太平洋を取巻いてその翼は既に香港に迄達して居るのであります。獨り日本のみは未だ海外に僅かしかその航空路を延ばして居らないのであります、總航空路延長距離の數字から見ましても我が國の民

間航空が如何に貧弱なものであるか、御分りのことと存じます。

是で御覽になつても分りますやうに、ちよつと面白いことは第三表の内に未だ北大西洋の定期航空が見えないこととあります。御承知の如く北太平洋は歐米大陸の主要な交通路に當つて居るのでありまして、船舶の方ではいつも此處が競争の中心となるのでありまして、各國が優秀船を以て其の覇を競つて居る處なのであります。それが航空の方では僅かに夏の間だけ獨逸の航空船による定期航空が營まれて居たのみであり

まして、飛行機によるものは未だ始まつて居ないのであります。是は全く航空運輸の經濟的問題と關係した問題なのでありまして、今日兩大陸の各國が全力を擧げて考へつゝあることなのであります。現在、四つ發動機を有つた飛行機或は飛行艇を

第四表 — G-38 と Ju-90 の比較

要目	單位	G-38 (1929)	Ju-90 (1937)
翼面積	平方米	44	35
全備重量	噸	305	184
最大速度	時/時	24	21
巡航速度	時/時	216	410
着陸速度	時/時	180	325
航続距離	時/時	110	100
全動離力	馬力	1100	3000
全翼荷	噸/平方米	3200	4400
旅客	人	78.7	120
		26	40

以てこの定期航空をやることが考へられて居りまして、既に試験飛行も終り來春頃から少くも郵便飛行位は實施されはしないかと思ふのであります。

次に飛行機その物が如何に發達したかといふことを申し上げます爲に第四表に新舊二つの飛行機の比較を示して見ました。

是は、千九百二十九年頃に出來ましたユンカーズのG三八といふ飛行機と、昨年同じ會社で出來ましたJu九〇といふのを比較したものであります。

先づ翼の面積が非常に小さくなつて居ります。最大速度も毎時二百十六から四百十以上著しい増加を示して居り、巡航速度もこれに比例して増して居るのであります。著陸速度は新しい方がかへつて減つて居ります。此處に特に注意していただき度いことは、新しい飛行機の方が航続距離が三倍も増して居る、従つて多量の燃料を搭載しなければならぬ、又旅客數も増して居りますのに機體の重量が反つて減じて居るといふこととありまして、これはこの十年間に於ける空氣並びに構造力學、工作方面の進歩を物語るものと考へるのであります。

第五表——世界記録

*印 世界記録

種目	国籍	記録	塔乗者	機種	年月日
速度	伊*	709.209 ^{ft} /時	アヂエロ	水上機アヅキ MC 72型	1934/10/23
速度	獨	634.320 ^{ft} /時	ウーデット	陸上機ハインケル He 112U型	1938/6/5
高度	米*	22066米	アンダーソン ステープンス	気球エキスプロアラーII型	1935/11/11
高度	英	16440米	アダム	陸上機プリストル 138型	1937/6/30
直線距離	蘇聯*	10148軒	グロモフ 他二名	ANT. 25—I型	1937/7/12-14
周回距離	日本*	11651軒	藤田他二名	航研長距離機	1938/5/13-15

次に、現在の飛行機の性能に就いて申し上げます。それには大體に於て現在の飛行機の持つて居ります世界記録を申上げることが早手廻しかと思ひます。(第五表) 速度の最高記録は毎時七百九軒であります。これは伊太利が持つて居ります。七百九軒と申しますと、鐵道線路に沿つて行きますと慥か東京から姫路と岡山の間位の距離になります。直線なら廣島に達すると思ひます。この記録を持つて居るのは水上機であります。が、速度記録を水上機が持つて居るといふことは非常に意味のあることであります。其の事に就いては後程申し上げます。

高度の最高記録は一萬六千四百四十米であります。これは英吉利が持つて居ります。其後の記録は最近英

吉利と伊太利の間に取つたり取られたりして居りましたが只今では英吉利が持つて居ります。

それから距離の記録、これは今迄は佛蘭西が持つて居りまして、九千軒餘りでありましたが、昨年蘇國のANT二五と云ふ飛行機がモスコイから北極を通りまして南加州まで参りましたのが、現在の記録として公認されて居ると存じます。この飛行に就いては色々議論もありませんでしたが結局公認されたと存じます。

以上が世界記録であります。勿論是等の性能は特殊の飛行機、所謂記録機を以て行はれたものであります。これを直ちに實用的見地から批判することは出来ないものであります。併し飛行機の進歩發達は非常に早いものでありますから、今日の記録數字も遠からず實用數字となると御考へになつて間違ひないと存じます。

併し何んといつても現在ではこれは記録數字であります。今少し實用的なものを申上げますならば、それは都市連絡飛行の記録であります。(第六表) これは先般朝日新聞社の神風がやりましたやうに、或都市の間を連絡するために飛行するので

第六表——都市連絡飛行記録

區 間	距離(軒)	時間	時速 (軒/時)	搭 乗 者	國籍	年度
米大陸横斷	3,980	7.5	531	ヒューズ	米	1937
伯林—立川	14,180	46.3	346	ヘンケ他5名	獨	1938
世界—週	23,850	91.8	260	ヒューズトク	米	1938
倫敦—メルボルン(歐)	18,190	71.9	253	スブラッビー	英	1934
巴里—ハノイ(佛印)	9,190	51.0	180	ジャビ	佛	1936
東京—倫敦	18,357	94.3	163	飯沼、塚越	日	1937
巴里—タナナリーヴ (南阿)	8,700	57.3	152	飯沼、塚越	佛	1935

ありまして、これは途中で着陸し給油もすれば休養もするのであります。でありますから假令それ自身は競争でありまして、その實用的價値は多分に認められるのでありまして定期航空の開拓の意味も多分に含んで居ると考へられるのであります。

最近行はれましたものは昨年佛蘭西の主催しましたマルセイユから中央亞細亞のダマスカスに飛び巴里へ歸つて来る飛行競技であります。總飛行距離は約六千軒位あります。此の競争は佛蘭西が企てたものであります。その結果は一等も二等も三等も伊太利のサボイヤ、マルケッテイと云ふ飛行機が獲得してしまひまして、佛蘭西では大分問題になつたやうでありました。この距離を飛びますに要しました時間は十七時間三十

二分、平均速度は毎時三百五十軒でありました。是などは餘程優秀な成績と申すことが出来ると思ひます。その外色、の都市連絡飛行も行はれましたが、最近に於て私の一番注意をひいたのは、倫敦と濠洲メルボルンの間の飛行であります。

これはメルボルンの百年祭かを記念するために行はれました飛行競技であります。英吉利では其の爲に、デハピランド飛行機會社で大急ぎでコメントと云ふ飛行機を作り上げまして、これに参加し見事に第一等を得たのであります。この飛行に要した時間は七十二時間に足らぬものであります。英吉利から濠洲迄と云へば、船で参りますと三週間も掛る所ですが、それを七十二時間、即ち三日にも足らぬ日數で行けるといふことは、飛行機の交通機關としての優秀性を遺憾なく發揮したものでありまして、目覺しい成績であると考へます。これを先程申上げました英吉利がとりつゝある航空政策の見地からしましても、その最も遠い植民地濠洲が僅か三日の旅程の所に近付いたといふことは、たしかに英帝國の統一の上に絶大の効果のあることと思ふのであります。

次に、航空機の今後の發達は如何なる方向に向つて行くかと云ふ論に入ることに致します。

航空機の發達の方向、又その結果を具體的に申し上げますことは吾々専門のものとは雖も中々困難なことではありますが、併し、物の進歩して行く傾向と云ふものは、其の物が持つて居ります特長を益々強めるやうに發達して行くものではないかと思ひます。即ち飛行機でも今後はその特長を強化するやうに發達するのが自然の行方であるやうに思ふのであります。然れば、飛行機の特長とする所は何處でありませうか？ 私は此の間に對し直に、飛行機の特長とする所は一にも二にもその速度であるかと御答することが出来ると思ふのであります。

此處で一應問題となりますことは、飛行機を輸送機關としての見地から、その重量運搬に對する適否であります。勿論飛行機も今迄に多少重量を運ぶ爲に使はれたことはあるのであります。ボルネオとかアンドレスの山中に自動車を運んだといふやうなことは雜誌で見掛けるのであります。私は、飛行機のやうな動く事によつ

て重量を支持する能力を得るものは、結局重量運搬といふ目的に對しては成功し得ないものであると考へるのであります。この點に就いての見透しは、彼の自轉車の後に車を付けて重量物を運ぶ程度以上には出得ないと思ふのであります。即ちそれは、飛行機なり自轉車なりの特長を非常に犠牲にして始めて得られるものであると考へるのであります。

どうしても飛行機の特長はその速い速度にあると思ひます。所で重量を運ぶといふことから此處に當然、飛行機と飛行船の比較が考へられるのでありますから、ちよつと飛行船に就いて一言致したいと存じます。

飛行船の歴史と云ふものは、大戦中にツェッペリン飛行船の倫敦空襲といつたやうな華々しい出来事もあるのであります。併しながら大體に於て悲惨なる歴史なのであります。

大戦後に出来ました、英吉利のR三十八、百〇一號、亞米利加のシエナドアメリカン、アクロン、最近は又獨逸の最新式の飛行船ヒンデンプルグ、何れも總べて破

壊墜落の運命に終つて居るのであります。

けれども重量を運搬すると云ふ點からは、飛行船は確かに飛行機に遙かに勝つて居るのであります。併し又それは船舶に比べれば話にならない程劣つて居ることも事實であります。

かく、飛行船には重量を運ぶといふことにその特長もあるのでありますが、その短所とする所が非常に多いのであります。色々の短所が考へられますが、私は飛行船の將來をはゞむ最大の缺點は如何にも遅い其の速度にあると考へます。今日飛行機は既に毎時間七百軒餘りも出して居りますのに、最新式の飛行船ですらその最大の速度は僅に毎時間百五十軒に達し得ないのであります。何んの邪魔もない大空を活動の舞臺とするものは、如何なる速度でも出し得ますし、そこに、先程申し上げましたやうに最大の特長を認めなければならぬのに、飛行船の速度は餘りに小さいやうに思はれるのでありまして、結局飛行船はその速度の爲に大空に於ける落伍者とならざるを得ないと思ふのであります。

かく飛行機に於ては速度が非常に重要視されて居るのでありまして、それは飛行機發達の歴史が明らかに示して居る事柄なのであります。従つて今後も此の點に最大の努力が拂はれると云ふことも想像し得るのであります。

然らば飛行機の速度は將來如何なる程度に増加し得るものでありませうか。

これは或人の計算したので見たのでありますが、現在の飛行機の各部分を改善し、且つ高い所を適當に飛ぶといふことで、その速度は實用的に毎時間六百軒位迄は直ぐ近い内に達し得られると思はれるのであります。先程申上げましたやうに今日の記録數字は既に毎時七百軒に達して居るのでありますから、これが實用數字となるのはそんなに遠い將來ではないと思ひます。

それなら遠い將來に於て、飛行機の速度は限り無く増加し得るものでありませうか。非常に遠い將來は別として、現在のやうな型式の飛行機を以てしましては、その速度を限り無く殖やすといふことは困難であると思はれます。

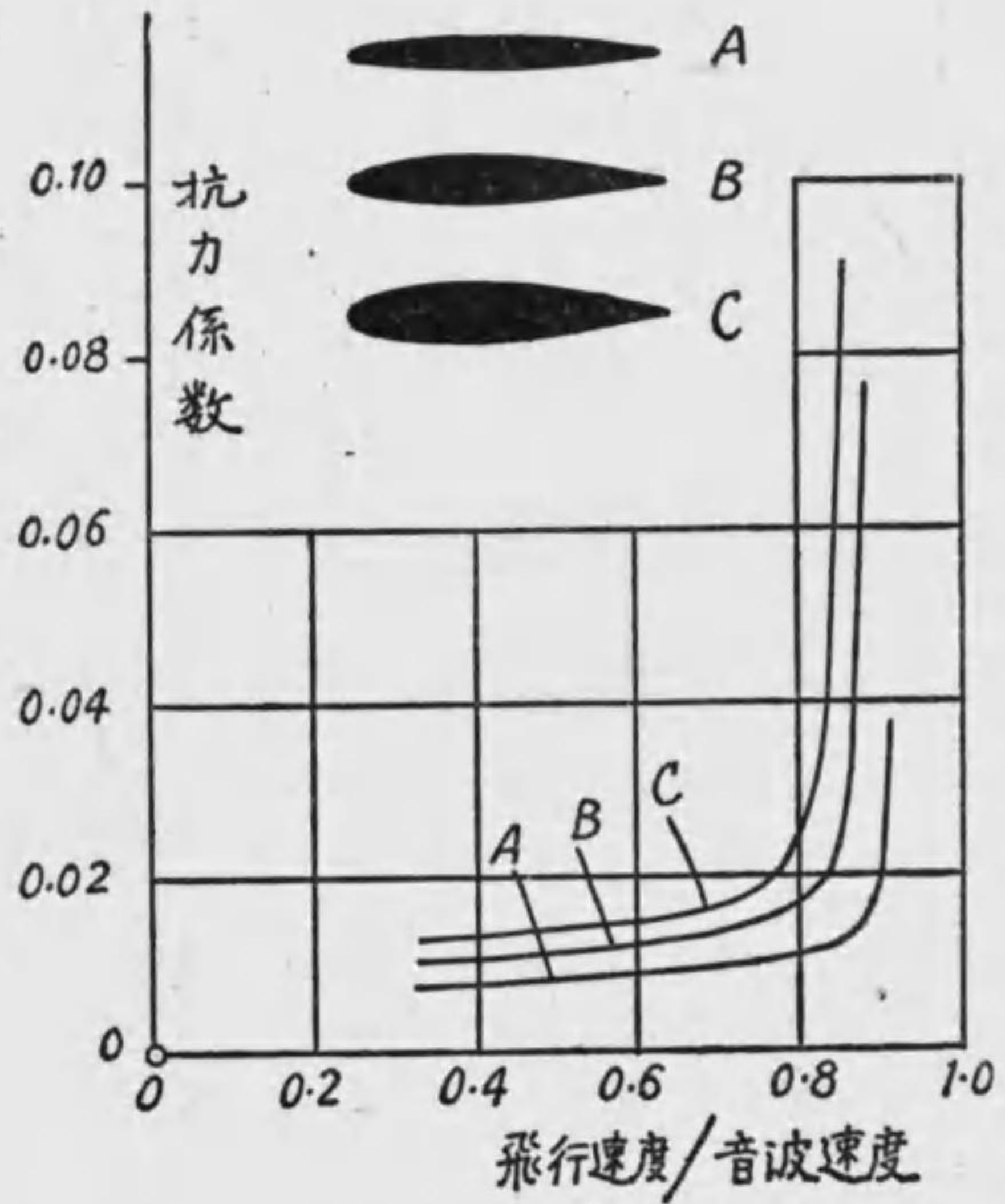
この速度を増加するといふことに就いて直ちに考へられますことは、それに反對

して働く抵抗——空氣の抵抗であります。この抵抗が殖えれば殖える程、速度が出し難く、なることは常識にても考へられますこと、御分りのこと、存じます。

大體に於てこの空氣抵抗は、飛行機の速度の増加の二乗に比例して増して行くのでありますが、速度が段々速くなつて、それが音波の速度（即ち空氣中を音が傳はる速度でありまして、一時間に平温で約千二百呎位であります）の約八割近くになりますと、物體の抵抗係数が第一圖に示してありますやうに急に増加します。従つてその抵抗は速度の二乗處ではなくて非常に大きなものとなるのであります。

でありますから、飛行機もその速度が音波の速度の八割位になりますと非常に速度が出し悪く、なるといふ事實があるのであります、その邊にその速度の局限——少くとも一般的利用に對する局限があるやうに思ふのであります。

又一面かういふ様なことも考へられます。空氣の抵抗は空氣の存在によつて生ずるものであるから勿論眞空の中には存在しない、であるから空氣密度の稀薄な所、即ち高い所を飛べば空氣抵抗は著しく減すべきだ。この考は一應もつともの考へて



第一圖

あり、又實際高く飛ぶことによつて飛行機の速度は最も手取り早く上げることが出来るのであります、しかし、これもさう簡単に結論出来ないのてあります。勿論高く飛ぶ場合には酸素の缺乏による發動機の馬力の低下といふことが一大問題でありまして、その方からも非常な制限を受けなければならぬのであります、今假に發動機の馬力が低

下することが、過給器等の進歩によつて除かれたとしても、只今申上げました音波の速度との關係から矢張り同様の局限があるのであります。即ち、音波の速度といふものは空氣の溫度が下がりますと同じく下るものなのでありますから、高い所で溫度が低くなりますと、例の空氣抵抗の急に増加する點に相當する速度も下るわけでありまして、この方から申しますと、高く飛ぶといふことは決して利益とはならないのであります。

即ち低く飛ばば空氣密度の大なる點から抵抗を増し、高く飛ばば音波の速度の低下することから、局限速度が下る、従つてその中間に適當の何か見出されるのでありませう。

ではその適當の處を飛んだら將來飛行機の速度は何の位になるものでありませうか。これに對して私もはつきりしたことは申し上げられませんが、私の感じは、先づ七、八千米から一萬米位の高さの處を飛んで一時間一千斤位の速度は出せるのではないかと思はれるのであります。一時間一千斤と申しますと、丁度

東京から紐育邊が約一萬二千斤程でありますから、その間を約十二時位で飛べるといふ程度のものであります。

かく飛行機の將來は速度にある。又只今申上げましたやうにとても他の交通機關では思ひも及ばぬ様な速度も出し得ることも豫想されるのでありますから、飛行機の性能向上の大きな目標がこの點に置かれるであらうことは當然のことなのであります。従つて積極的に速度の増加に對する研究も行はれませうが、又消極的には現在の飛行機から速度を増加するのに邪魔になるものが逐々除かれて行くといふことも當然であると思ふのであります。

それでこの速度を増すために邪魔になるものにどんなものがあるかと見てみますと、色々御座いますがその中で、それは飛行機にとつて生れつきの困つた性質があるのであります、それが爲にその速度もある制限を餘儀なく受けて居るのであります。

それは何んであるかと申しますに、それは飛行機には速度の變化する範圍に一定

の制限があるといふことであります。と申しますことは、例へば自動車の場合にはその最低の速度は停止の状態即ち零でありまして、それに無關係に最高の速度を出すことが出来るのであります。飛行機の場合には、その最低の速度——飛行機は空中を動くことによつてその揚力を得て居るのであり、従つて空中に停止することは出来ませんから、その最低の速度は零ではありません——最低の速度と最高の速度との間に一定した關係があるといふことであります。これを簡単に申し上げますと、飛行機の最低速度の四倍乃至四倍半がその最高速度であるのであります。でありますから最低速度を増すことによつて、又その最高速度も、いくらでも増加出来る理であります。この最低速度は着陸速度を意味するものなのであり、又飛行機操作に於て着陸が最も難しいといふことを併せ考へますならば、これを無暗に上げるといふことが不可能であることも御分りと思ひます。

でありますから毎時百斤で着陸する飛行機はその四倍半四百五十斤位の速度しか出せないわけでありまして、特に速度を得んとしますれば是非この着陸速度を上げな

ければならないのであります。

この關係を示します好い例は今日の速度記録のこととあります。先程も申し上げましたやうに、今日の最高記録は毎時間七百九斤餘りでありまして、それは伊太利のマッキーといふフロート付の水上機が有つて居るのであります。所で、速度を得ます爲には、空氣抵抗を極端に減らすことが第一要件でありますことは常識でも考へられますことですが、水上機と申しますと、御承知の通り大きなフロートを有つて居ります。これは水上に浮ぶためにのみ役立ちますものでありまして、一度空中に飛び立ちましたからは、大きな抵抗となる以外には何んの役にも立たぬものなのであります。一方陸上機を見ますとその降着用の車輪は極く小さなものであり、それも此の頃空中では引込めてしまふやうになつて居るのでありますから、空中では降着装置からの直接抵抗は零といつてよいのであります。従つて速度を出しますためには、水上機よりも陸上機の方が遙かに適して居るわけなのであります。それなのに今日陸上機が未だに水上機の速度記録を破ることが出来ないといふことは如何な

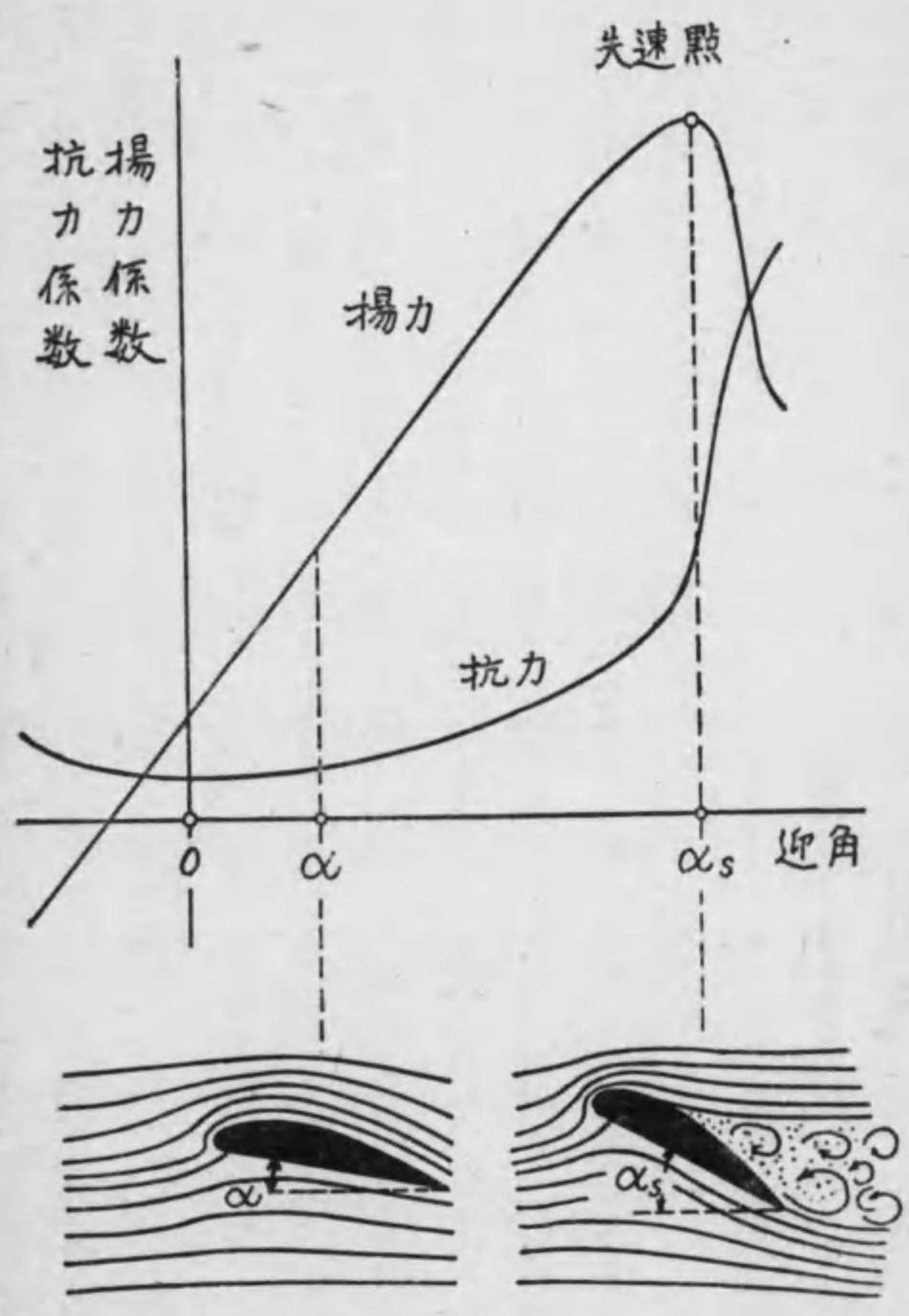
る理由でありませうか？ それは全く水上機が陸上機に比べましてその着陸（水）速度を上げ得るからであります。と申しますのは高速度で着陸致します爲には、非常に廣い眞平らかな場所を必要とするのでありまして、これは陸上では中々得られないのでありますが、水上では極めて容易に得られるのでありまして、即ち、水上機はこの波の無い平滑な、廣い水面を利用出来ます爲にその着陸（水）速度を極端に上げることが出来、それはその降着装置が齎します抵抗を補つて尙餘りあるものなのであります。

かくの如く、飛行機に於きましては、その速度を變化させます範圍に制限があるといふことは、速度を向上させます上に非常な邪魔となるものなのでありまして、この問題は飛行機始まつて以來の問題でありまして、今日尙世界各國の學者技術者の頭を悩まして居ります厄介な問題なのであります。

然らば、このいやな性質は何によつて生ずるのであるかと申しますと、それは飛行機の翼の有つて居ります性質に由來するものなのであります。

一般的に申しまして、飛行機が空氣中を進みます場合にその廻りの空氣の流れは亂れてはいけないのでありまして、それが亂れ、渦が出来ますと、飛行機としての性能は著しく低下するものなのであります。渦即ち抵抗とも考へられるのでありまして、これは必ずしも飛行機に限つたこと、も思へませんが、この渦を無くするといふことが飛行機の性能向上に對する主問題なのでありまして、私共航空學の研究に従つて居りますもの、殊に空氣力學方面の者をして居ることは、この渦の研究、この渦を無くし、これを利用する研究であると申して過言ではないと思ふのであります。所でこの速度變化の範圍に制限のありますことも、飛行機の翼が、ある状態でこの渦の爲にその翼としての性能を害される結果に由るのであります。

飛行機の翼といふものは、その傾きを——迎角と申します——この迎角を大きくしますと揚力係數が増し従つて、速度を下げても一定の重量を支へることが出来るのであります。でありますから、逆に速度を下げますためにはこの迎角を大きくしまして揚力係數を増せばいゝのであります。が、(第二圖) 迎角が小さい間は迎角に比



例して揚力係数が殖え、速度を下げることもある。出来るのである。すが、ある點に達しますと、それ以上迎角を増しまして

も揚力係数は殖えることなく却つて減るのであります。かゝる點を失速點と申します。でありますから翼がこの失速點に達しますと、もうそれ以上に揚力係数を増すことは出来ず従つて速度を減らすことも出来なくなるものなのであります。此處に速度に制限が出来る譯なのであります。

この失速の現象は、翼の迎角が大きくなりますと、空氣が翼に沿つて流れ悪く、なり、(第二圖)終に翼から離れその後渦が出来まして、其結果揚力係数は減り、抵抗係数は増しまして翼としての性質が非常に害されるのであります。

でありますから、この迎角の大きい時に出来る翼の後ろの渦を無くすといふことが先づ第一に考へられることなのであります。これに對して種々の考案がなされて居るのであります。翼の前の縁に小さな補助の翼を取付けまして、空氣の流れが翼からはなれ悪くいやうにしてこの渦を無くすといふものもありますし、又出来ようとする渦を吸込んでしまふもの、又吹き拂つてしまふもの等も考へられて居ります。又斯ういふことも考へられます。それは、翼の揚げる性質といふものはその斷面

の型によるものでありまして、高速に適した型、低速に適した型といふものがある
 のてあります。てありますから、空中を高速で飛んで居ります時には抵抗の少ない
 高速の型を用ひ、着陸の際には、假令抵抗は大きくても揚力係数の大きな型を用ふ
 れば所謂適材適所でありまして非常にいゝのであります。即ち、翼の断面の型が變
 化出来ればいゝのであります。この考へからこの頃は翼の後の縁が折れるやうにな
 つて居る——これを「下げ翼」と申します——ものが廣く用ひられて居りまして、
 殊にその一つであるスプリット・フラップ(第三圖)は最近の高速の飛行機には缺
 可からざるものとなつて居ります。

此處で、多少餘談になりますが一言申上げたいのでありますが、それはこのス
 プリット・フラップに關しての話であります。

只今申上げましたやうにこのスプリット・フラップは、現今の飛行機に遍く用ひ
 られるやうになりました程重要な役をするものなのであります。それは米國から
 飛行機と共に輸入されたものなのであります。所が、かゝる考へは既に日本人によ



第三圖

つて考へられて居たのでありまして、恐らく日本の特許になつて居ると存じますが、
 日本人は只考へた丈けてありまして、それが一向に實現化されない。日本でこのス
 プリット・フラップの研究が發表されました時
 に吾々はその性能のい
 いことは充分認識した
 のてありますが、その
 缺點に直ちに眼を付け
 ていゝことはいゝが構
 造上難しいとか、操作
 が難しいとかいつて一
 向取合はなかつたので
 あります。それが亞米

利加ては直ちにその缺點を除き、長所を延ばす方に研究が進められまして立派に實用化されたのであります。これなど、今日我が國に於ける學術研究並びにその實用化の間に横たはる大きな障壁が何であるかを物語る好い例であると考えます。それに就いて又思ひ出されますことは、丁度今から四、五年前でありました、米國はその多年蓄積した研究結果を逐次具體化しまして、その結果飛行機が著しい向上を示したのであります。日本としてはこれに無關心で居るわけに参りませんので、種々視察に出掛けたのでありますが、歸朝者の御話を承りますのに、一つとして私共の知らなかつた事は無いのであります。何れも私共はいゝものだといふ事を百も承知して居ること計りなのであります。只彼はこれを直ちに實行に移した丈のことなのであります。研究の結果なども只議論して居る計りでは何もならないのであります。熟慮し且つ是を斷行するといふことが必要なことであると考へます。さて再び本論に立戻りまして、然らば現在飛行機はその目標の一つである速度を増すといふことに對し如何なる方向に進みつゝあるかと申しますと、是を一言に申

せば、今日の飛行機は過去のそれよりも著しく鳥に近付いて來たといふことが出来るのであります。

鳥といふものは自然が吾々に示しました、機械的飛行の御手本でありまして、鳥をそのまま、眞似て空を飛ばうとしたことは昔は勿論今日でも考へられて居ることなのであります。只今、今日の飛行機が鳥に近付いたと申しましたことは、その飛行性能が鳥に追付いたといふ意味ではないのであります。今日の飛行機はその速度に於ても、飛行高度に於ても、飛行距離に就いても決して鳥に劣るものではないのであります。今日迄鳥と比較して尙及ばぬことはその飛行機能の適應性にあつたのであります。

御承知の如く、鳥の翼とか、尾とか、足とか、頭といふものは自由に動かし得るものであります。夫々の場合に適應しましてこれを自由自在に操り、その最高能率を得るやうになつて居ります。所が、過去の飛行機を見ますのに、その翼、尾翼、脚又プロペラ何れも固定したものであります。その結果不必要なもの迄もそのま

ま、我慢して使用しなければならぬといった有様であつたのであります。例へば翼プロペラなどもこれを固定して置きますと、總べての速度に於てその全能力を出すことは出来ないものでありまして、空中性能の爲に離陸着陸性能を犠牲にするといつたことは能を得ないこととなるのであります。又脚など、いふものは空中に於ては不必要のものでありながら、昔の飛行機はこれを露出し、徒らに抵抗を作つて居たのであります。

それで、この不都合を除きます爲に、先づ試みられましたことは、飛行機の各部分可動的にするといふことであります。翼の後の方が折れるやうになつて居て、その断面の型式を變へ得ることは先程申述べました通りでありますし、プロペラなども今日はそのピッチを自由に變へることが出来ますし、脚などはこれを完全に引込めまして不必要な抵抗を除くやうになつて居ります。

要するに今日の飛行機が、昔のに比べましてその各部分が夫々の場合に適應しまして可動的になつたといふことが謂ひ得ると思ふのであります。この傾向は今後益益強化されること、思ふのでありまして、それがモ一步進んで、尙鳥の如くなりまして、その操作が自動的となり、反射的となることが想像出来るのであります。

只今申上げました如く、近頃の飛行機がその各部分を有効に用ひます爲に、それが可動的になつたことによりまして、速度を變化させる範圍も著しく大きくなつて参りました、その結果は近年大型の飛行機、例へば旅客機であるとか重爆撃機であるとかの速度が非常に増加して來たのであります。

安全を第一に考へなければなりません旅客機に於てはその著陸速度に制限のあることは勿論でありますし、又大型の軍用機もこれを高速に着陸せしめることは難しいのでありますから、これ等の飛行機の速度を上昇せしめやうとしますれば、勢ひその速度の變化の範圍を増大せしめなければならぬのであります。

次に、飛行機の將來の發達の趨勢であります。速度の増加に對し常識を以ても考へられますことは、その空氣抵抗を出来るだけ小さくするといふことでありませう。空氣抵抗と謂ふものは、物體が質量と粘性をもつた空氣の中を動きます時にその

運動にさからつて働く力を謂ふのでありまして、これを三つの種類に分けて考へることが出来るのであります。即ち、全抗力を誘導抗力、摩擦抗力、及び形状抗力の三つに分けることが出来るのであります。

誘導抗力又は抵抗と申しますのは、飛行機の翼の長さが横に有限であり、それが揚力を有つて居ります爲に出来るものでありまして、翼の長さが無限に長ければ無いのであります。勿論無限に長い翼など、いふものは御座いませんから、この抵抗は取除くことは出来ません。併しこの抵抗は飛行速度に逆比例しますから、飛行機の速度が速くなりますと比較的重要ではなくなるのでありまして、例へば一時間五百軒位の戦闘機ではこの誘導抗力は全抗力の五パーセント位に過ぎないのであります。そのかはり、速度の低い飛行機ではこの抵抗が大きな部分を占めて居りますから、成る可く翼を横に長くしてこの抵抗を小さくするといふ事が大切であります。速度のおそいグライダーの翼が非常に細長く出来て居りますのも全くこの爲なのであります。

それから摩擦抵抗であります。これは固体が空気中を動きます場合、逆に空気が固体の表面に沿つて流れると考へても關ひませんが、その場合に空気が粘性を有つて居りますから運動を邪魔する様に固体の表面に沿つて力が働きます。即ち固体と空気の互の摩擦によつて生ずる抵抗でありますからこれを摩擦抵抗と申すのであります。

この抵抗も空気に粘性がある以上取除くことは難しいのであります。のみならず飛行機の速度が速くなりますと非常に大きな抵抗を作るものでありまして、今日の高速の飛行機ではその全抵抗の七、八十パーセントがこの摩擦抵抗になつて居るのであります。この抵抗を少くしますには固体の表面を出来るだけ滑かにするといふことが必要なのでありまして、此の頃の飛行機がその表面を磨き上げて居るのも全くこの摩擦抵抗を減らさうとする爲なのであります。

次に形状抗力であります。この抵抗は固体の形が適當でない爲に、先程翼の失速の場合に申し上げました様に、空気の流れが固体の表面から離れ其處に渦を生ずる

ことから出来る抵抗なのであります、これは固体の形を適當にすれば全く除いてしまふことも出来るのであります。近頃流線形なる言葉が一般に用ひられて居りますが、流線形とはこの形状抗力の全く無い形といふことなのであります。

さてこの空気抵抗を實際の飛行機に就いて見ますのに、第七表に比較表を掲げました。これは千九百三十年時代の優秀機フェアリー、フオックスと近頃——と申しても少し古くなりますが、千九百三十五年頃の優秀機、デハビラントのコメット、及びハインケルのHe七〇といふ高速輸送機を比較したものであります。

これで御覽になりますと御分りになると存じますが、先づ、重量とか馬力に於ては大した差は御座いませぬが、速度は毎時二四五軒から三七八軒に著しい増加を示して居りまして毎々申上げます飛行機の生命が速度にあることを如實に示して居ります。

所でこの著しい速度の増加の因を爲すものの一つとしまして、同じ表に掲げました抵抗係数の非常な減少を擧げることが出来るかと存じます。即ち此の頃の飛行機は

第七表 フェアリー・フオックス、コメット、He 70の比較

機別 要目	フェアリー 「フオックス」 1930	デハビラント 「コメット」 1934	ハインケル He 70 1935
重量(斤)	2155	2517	3352
最大速度(時/軒)	245	378	378
馬力	540	470	660
馬力當發動機 重量(斤)	0.82	0.95	0.82
抵抗力係數	0.0440	0.0197	0.0144

四、五年前に比べましてその抵抗が約三分の一にもなつて居るのであります。これに依つて速度と空気抵抗の間の重要な關係が御分りのこと、存じます。

然らば速度を得る爲に抵抗を減じなければならぬことは當然であるが、一體その目標と申しますか、その理想は何處にあるのかと御考へかと存じますが、吾のこれに對する理想と申しますと、先づ誘導抗力は何んとも致し方ありませんが、併しこれは前に述べました如く速度と共に減ずるものでありますから大して差支へないとし、次に摩擦抗力を硝子の如く磨き上げた表面の摩擦抗力に等しくし且つ形状抗力を全く無くすることにありと存じます。

これは吾々の理想であり、世界各國の學者の頭を惱

しつゝある問題なのでありますが、これは中、謂ひ易くして行ひ難きものなのであります。

例へば、形状抗力を皆無にするといふことは簡單のやうですが決してさうではないのであります。もつとも單獨のものに就いてこの形状抗力を無くする様な形を與へますことは決して難しいことでは無いのであります。例へば只今此處で形状抗力の無い様な翼又は胴體を描けと申され、ば私は直ちに略、これを満足するやうなものを描くことが出来ると思ふのであります。固體が單獨でない場合、例へば、只今の例で翼と胴體と一體となつたもの、形状抗力を無くするといふ事は既に非常に難しい事でありまして、到底此處で即答し得るものではありません。況んや、實際の飛行機の場合の様に、翼と胴體が一つになつて居ります以上に、尾翼が付き、車輪が付きその上、前でプロペラが廻つて居るといつたやうな混み入つたものの形状抗力を無くするといふことは、非常な難問題なのであります。これが今日、及今後の大問題であります。飛行機の各部分の相互干渉の問題なのであります。

この相互干渉は常に悪い方に許り働くものでは無いのであります。場合によっては、數個のもの全抗力が單獨のものより小さくなるのが澤山あるのであります。りまして、學者の研究の狙所も其處にあります。

次に、飛行機の重要な要素であり、又その速度を増加するといふ目的に對しては直接の力となりますところの航空發動機に就いて一言申上げ度いと存じます。

私は發動機の専門ではありませんので、只見聽きした事を簡単に申上げることと致します。

最近の飛行機の發達に關聯しまして、この發動機の發達といふことは見通すことが出来ないのであります。飛行機の性能は發動機の發達と共に著しい向上を示して居るのであります。

發動機の發生する熱を適當に取去り、即ち發動機を適當に冷却して最も工合のいい状態にして置くことは中、難しい事でありまして、發動機の馬力が今後益々大きくなり、又冷却装置が多くの場合空氣抵抗の大きな原因となるのでありますこと

を考へますと、この冷却の問題は將來の大きな研究問題であると考へます。

發動機は結局は空氣で冷すのでありますが、これを冷却の方法から大別しますと、空氣で直接冷します空冷式と液體を媒介として冷します液冷式とになります。尙ほ蒸氣を以てする方法も考へられて居りますが未だ完全には實行されて居らぬやうであります。

現今の狀勢では空冷式が多く用ひられて居るやうであります。近來英國のロールス、ロイス、マーリンや獨逸のメルセデス、ベンツなどの優秀な液冷式發動機が出て参りました。高速機に盛に使はれるやうになりまして、空冷、液冷の優劣論は未だ暫く續くことと思はれます。

航空發動機のこの十年間に於ける發達の概略を數字を以て申し上げますと、先づ、十年前には液料一立から出す馬力は約十八馬力位に過ぎなかつたのでありますが、今日では三十五馬力以上も出して居ります。將來はもつと／＼出せると思ふのであります。今日既に特別の燃料を用ひまして百馬力を出す事が實驗室に於て可能で

あるといふことを聽いて居ります。

回轉數も發動機の容積を小さくする爲には或る可く高い方がいゝのでありますがこの十年の間に毎分千五百から二千以上にも増加して居るのであります。

それから、近來著しく素人眼にも目立ちますことは、發動機の信頼性の増大したといふことでありませう。航空發動機に限つたことでもありませんが、一般に機械類は一定の期間使用すると綿密な検査をしまして故障を未然に防ぐのであります。航空發動機は以前は二百時間も使ひますと一應の検査が必要であり、それでも尙故障の起り勝ちなものであつたのであります。材料、工作の進歩に従ひましてそれが三百時間四百時間と延びて参りまして、近頃では五百時間以上にもなつて居るのであります。つまりそれだけ發動機の信頼性が殖えたといふことなのであります。

發動機の信頼性といふことに就きまして一言申し上げたいのであります。それは御承知の様に今回の支那事變に於て、飛行機は盛な活躍をやつて居りまして、可なり遠い所迄、長時間を費しまして長距離の爆撃をやつて居りますが、其の間發動機

の故障の爲敵地に不時着を餘儀なくされたといふことは只の一度も無いと聽いて居ります。これは今日の航空發動機の信頼性を裏書きするものでありますと共に、これを設計工作しました技術者、これを整備しました整備員、これを運用する操縦者の有能なることを示すものであります。誠に喜ばしき限りであると考えます。

航空發動機はその作動原理に於ては自動車のと全く同じものが多いためありますが、自動車に比べまして兎角信頼性などが問題となりますのは何故でありますか。勿論馬力に於て非常の差があるのであります。それだけでも作り難いものであることは御分りと思ひますが、それ以上に重量と容積に制限のあるといふことが厄介な問題なのであります。

この重量に制限のあることは、飛行機の製作を非常に難しいものにして居ります。最大の原因なのであります。學者技術者は如何にこの問題を取扱つて解決したらよいかといふことに悩み抜いて居るのであります。

勿論、軽く物を作るといふことは、材料の儉約を意味しますので、技術者は常識

として念頭を離れない事なのであります。飛行機の場合にはそれが他の者とは格違ひなのであります。簡単に解決が付かないのであります。

例を以て申し上げますと、自動車の發動機は他の原動機に比べますと非常に軽く出来て居るのであります。それでも一馬力に對しまして六疋以上の重量が許されて居りますのに、飛行機の場合にはその十分の一の〇・六疋程度しか許されないのであります。又他の一例を申し上げますと、特別急行を牽いて居ります機關車、これも蒸汽機關としては一番軽いものに屬するのであります。この機關車の馬力が約千二百馬力でありまして、その重量が約九十五噸もあります。處が、飛行機の場合はこの頃千二百馬力位の航空發動機は盛に作られて居りますが、それに許されます重量は〇・八噸といつた、一噸にも満たぬものなのであります。でありますから同じ馬力を出しますのに航空發動機は蒸汽機關より百二十分の一の重さに作り上げなければならぬのであります。その設計工作が如何に難しいものであり、従つてその信頼性が問題となる所以が御分りのこと、存じます。

飛行機が高い處を飛ぶことによりまして、種々の利益が考へられますことは先程一寸つと申上げましたが、高い處を飛びますと、酸素が缺乏致しますので發動機の馬力が出なくなりまして困るのであります。それでこの馬力を保たしめます爲に空氣を壓縮しまして氣筒内に押込んでやるのであります。このポンプを過給器と申しますが、近頃の航空發動機の多くはこの過給器を備へて居ります。所で、この過給器は或る高度で適當に働くやうに設計されて居るのでありますから、空氣の密度の大きい地上では發動機はその全馬力を出すことが出来ないのであります。航空發動機は地上何千米で何馬力といふやうに、高度によつてその出馬力が異なりますから、馬力と高度を併せて謂はなければならぬのであります。これなども航空に關係したものの、特殊性でありまして、事柄が立體的になつたといふことを示す好い例であると考へます。

それから發動機の發達に關聯しまして見通すことの出来ないのは航空燃料の發達であります。この燃料の發達といふことが最近に於ける飛行機の性能向上に非常な

貢獻をして居りますことは豫想外に大きいのであります。今一例を申上げますと今から十年程前に出来ました英國のプリストル、ジュピターと申す發動機は約三百八十馬力を出したのであります。それと同じ容量で近頃の優良な燃料を使ふことによつてその出馬力を八百に上げることが出来たのであります。もつと善い燃料を使ひますと千馬力以上も出るさうでありまして、如何に燃料といふものが問題であるか、御分りのこと、考へます。この燃料の問題は既に御承知の如く我が邦の資源と關聯して現在、將來の大きな學術技術上の問題であると考へます。

最後に高度飛行に就いて一言申上げたいと存じます。飛行機がその速度を増加します爲には空氣の稀薄な高い處を飛ぶことによつて最も簡單にその目的が達せられるのであります。併し無暗に高い處を飛んだからと云つて速度が出るのではないのであり、其處には適度な高さのある事は先程申上げました通りであります。兎に角將來の飛行機は相當の高さの處例へば一萬米といったやうな所を飛ぶことが利益のやうに考へられるのであります。この高い處を飛ぶといふことは速度を得ると

いふ以外にも意味があるのでありまして、それが又此の高高度飛行を有意義にして居るのであります。

今日飛行機は随分發達して居るのでありますが併し未だ天候には克てないのであります。風雪が飛行機事故の原因となることは屢々、耳にすることでありまして。この天候を征服することは、盲目飛行であるとか、電波に依る誘導などの發達と共に追々進歩することでありませうが、これを完全に征服することは非常に難しいことでもあります。一方、將來長距離の飛行といふことは色々の目的に對して必要でありますので、この天候の問題が中々重要となると思ふのであります。

然らば、又この天候の現象から影響されない處があるかと申しますに、有るのであります。それは地上約一萬二千米以上（場處によつて多少の相違はありますが）の處にこの天候を全く超越しました處があるのであります。其處に於ては、雨雲霧などの所謂天氣を左右する原因は存在しないのであります。常に天氣晴朗であり、只西風の可なり強い處ださうであります。其處を成層圏と名付けて居ります。であり

ますから全地球を舞臺とするやうな長距離の飛行でも、この成層圏を利用しますれば飛行機は天候變化から災ひされることはないのであります。離陸、着陸の際の盲目飛行、及着陸の問題が解決しますれば、飛行機はその能力を一段と高めることが出來るのであります。又この高い處を飛ぶことによつて飛行機の生命でありますところの速度は容易に高められるのでありますから、將來は必ずこの成層圏を利用するやうになることゝ存じます。

既に米國に於きましては、七、八千米の高さ、所謂亞成層圏を飛行する爲の氣密室を有する旅客機が出來上つて居りまして、しきりに實驗をやつて居りますやうな有様であります。只今も申上げました如くこの高高度飛行と申しますものは、長距離飛行と關聯しまして最もその効果が考へられるのでありますから、國防の上から見ましても非常に重要な意義を有つものなのであります。

以上を以て大體飛行機の發達の有様及趨勢に就いて申上げた積りでありまして、極めて廣範圍にわたつて居ります飛行機の各要素に就いて申上げることが不可能で

ありまして、只その概要を申し上げましたに過ぎませんが、それでも飛行機の能力及ばず範囲が如何に広いものであるか、又飛行機を作るためには如何に廣大なる綜合的智能を必要とするものであるかといふことの、大體が御分りのことかと存じます。

最後に再び、この飛行機によつて齎されました空の問題は、吾々人類に提供されました重大なる新しき問題でありまして、航空の専門家にのみ任せて置けることではないといふことを充分に御認識あらんことを希望致しまして私の講演を終ること、致します。

五〇

昭和十四年三月五日印刷
昭和十四年三月十日發行

教學叢書第六輯

教 學 局

印刷人 東京市下谷區二長町一番地 井 上 源 之 丞

印刷所 東京市下谷區二長町一番地 凸版印刷株式會社

終