



飛行の原理のはなし(嗟)

Intelligible Introduction to Aerodynamics

(独)国立高等専門学校機構

沖縄工業高等専門学校

校長 安藤 安則

講演の内容

1. 講演の狙い
2. 自己紹介
3. 飛行に魅せられた人達の歴史
4. 飛行の原理を解明し、
航空機を創った巨人達
5. 航空機の黎明期から現在、未来へ
6. 結び

航空機とジェットエンジンの例

Aircraft & Jet Engine



Boeing777-300er

Length 73.9m

Width 64.8m

Max Seats 550

Takeoff weight 351 Ton

Maximum Fuel 181kL

Maximum Range 14,500km

Engine GE90-115B

Photo(JAL)



GE90-115B

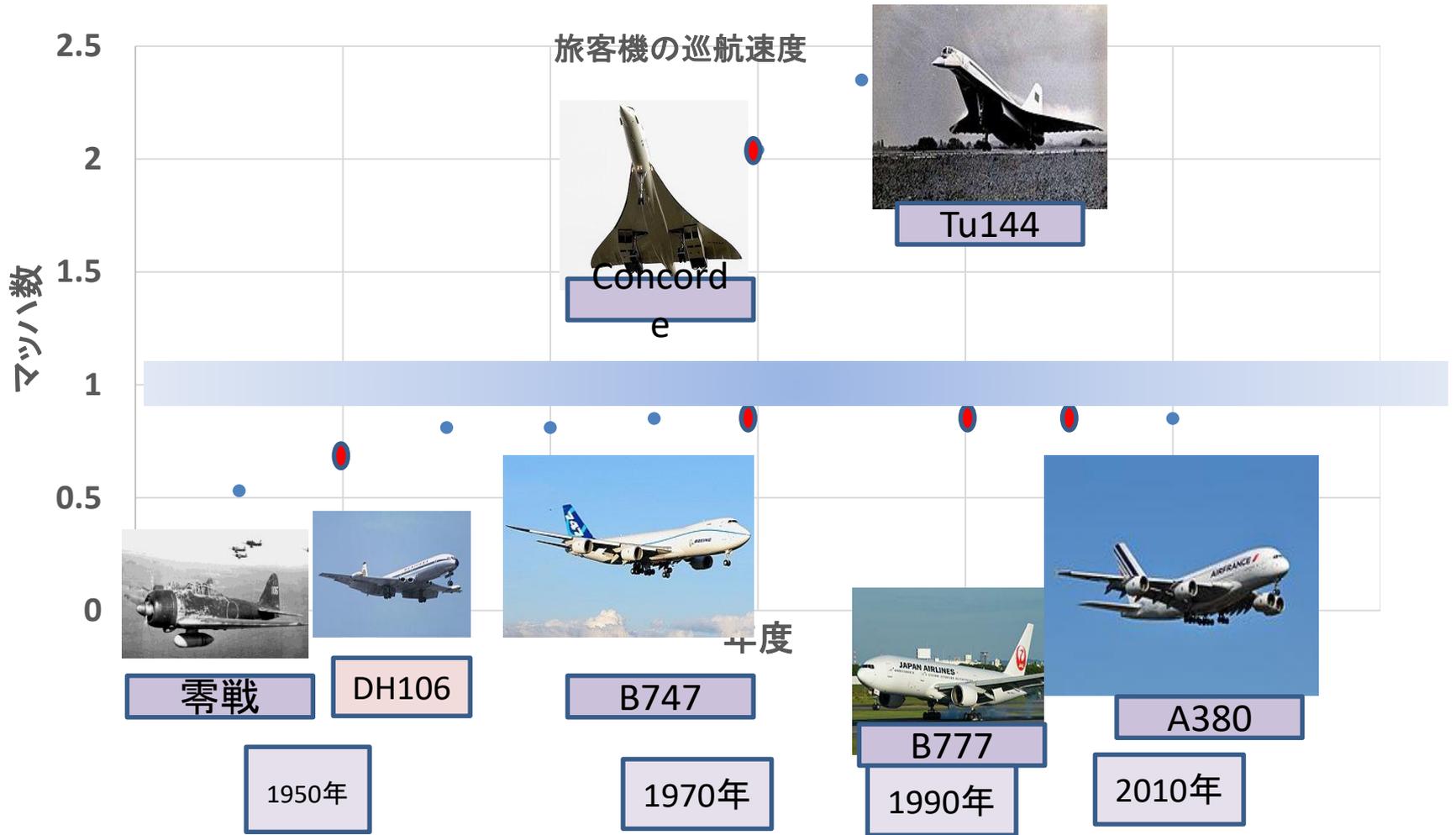
Length 7.3m

Diameter 3.429m

Thrust 512.9kN(52.3Ton)

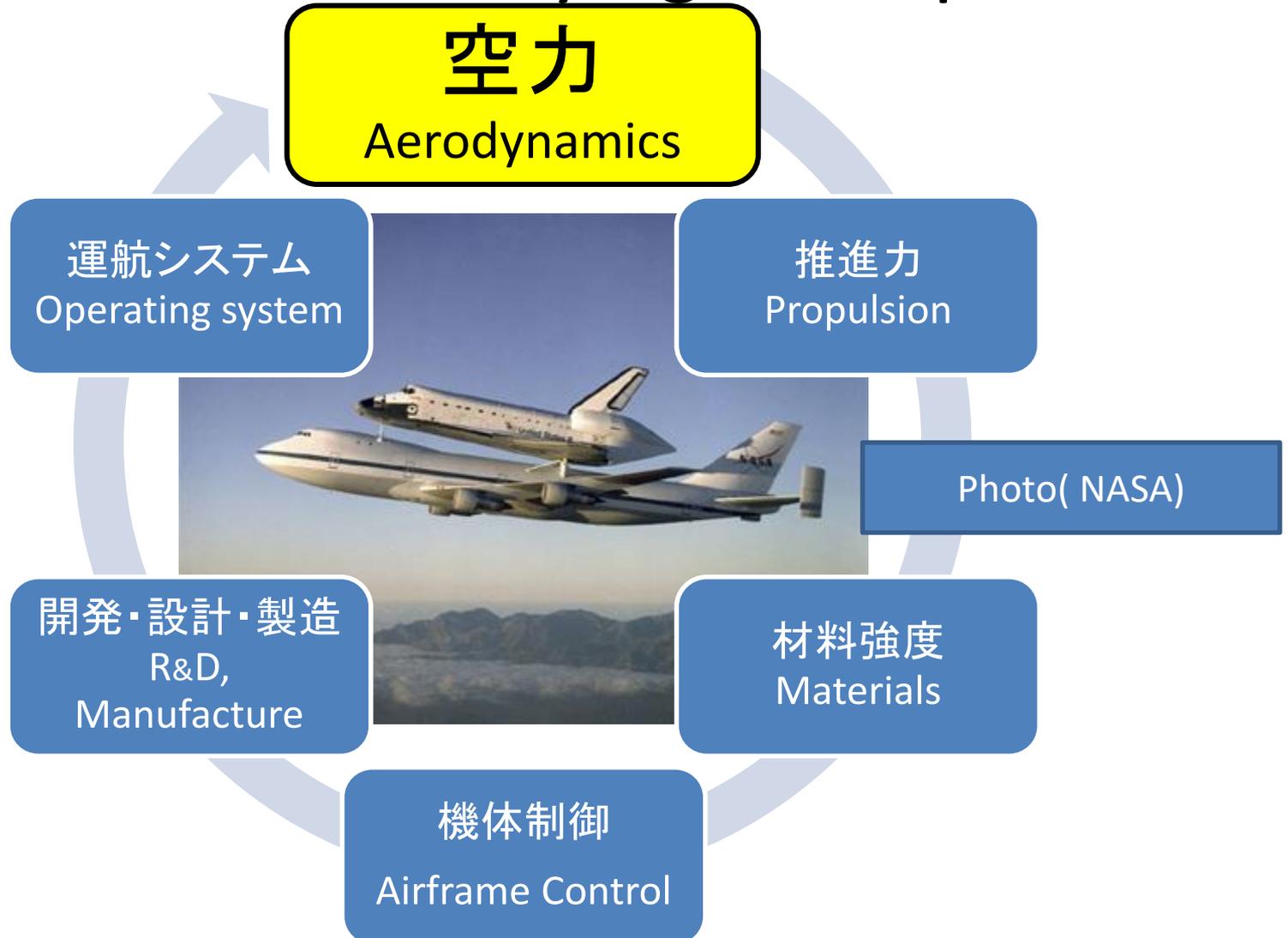
Photo(GE Aviation)

Development of aircraft after the world war II



飛行機を飛ばせるには何が必要か？

Main factors for flying an airplane



What is Aerodynamics?

○Flying in the air like a bird had been the unfulfilled dream for human being before 1903 since ancient time.

古代から鳥のように空を飛ぶことは、1903年まで人類にとって見果てぬ夢であった。



飛行機と科学の歴史年表

科学分野

1486年 ダビンチのオニソプター

1687年 ニュートン「プリンキピア」

1845年 ナビエ・ストークス方程式

1864年 マックスエル「電磁場方程式」

1902年 クッタ「翼理論」

1904年 プラントル「境界層理論」

1905年 アインシュタイン「特殊相対性理論」

1911年 プラントル「揚力線理論」

1911年 ラザーフォード「原子模型」

1925年 ハイゼンベルグ「量子力学」

技術分野

1783年 モンゴルフィエ兄弟「熱気球」

1883年 **ダイムラー「ガソリンエンジン」**

1891年 二宮忠八「からす型飛行器」

1896年 リリエントール「グライダー墜落」

1900年 **ツツペリン硬式飛行船**

1903年 **ライト兄弟初飛行**

1911年 **ジュラルミン発明**

1927年 リンドバーク「ニューヨーク・パリ単独飛行」

1939年 ジェット機He178初飛行

1940年 ゼロ戦正式採用

1867年 明治維新

1904年 日露戦争

自己紹介 Self Intro

生年月日 1951年8月13日 大分県

1974年3月 九州大学工学部航空工学科卒業

1976年3月 九州大学大学院工学研究科応用力学専攻修士課程修了

1987年3月 九州大学工学博士号修得



IHI

Realize your dreams

1976年4月 石川島播磨重工業(株)(現株IHI)技術開発本部 研究員

1991年7月 石川島播磨重工業(株) 流体グループ課長

2000年7月 石川島播磨重工業(株) 国家プロジェクトグループ部長

2007年4月 島根大学 国際交流センター教授・副センター長

2013年4月 島根大学 国際交流センター教授・センター長



人とともに 地域とともに
国立大学法人

島根大学

2015年4月 沖縄工業高等専門学校 校長



Aerodynamic researches before the Era of Flight

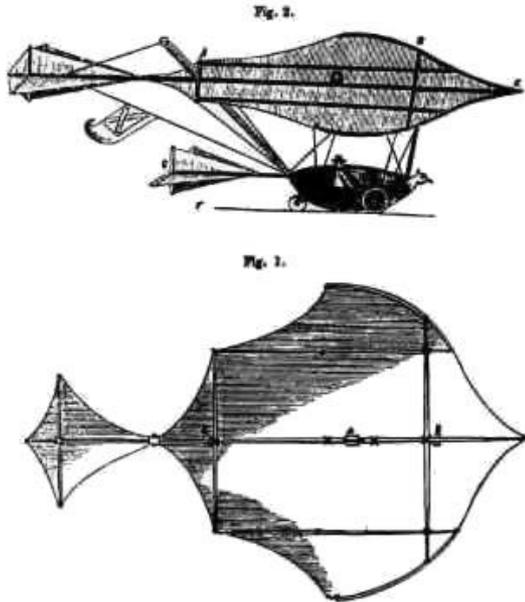


Aeronautical Pioneer before Wright brothers

Sir George Cayley(1804)

Mechanics' Magazine,
MUSEUM, REGISTER, JOURNAL, AND GAZETTE.
No. 1520.] SATURDAY, SEPTEMBER 25, 1852. [Price 3d., Stamped 4d.
Edited by J. C. Robertson, 142, Fleet-street.

SIR GEORGE CAYLEY'S GOVERNABLE PARACHUTES.

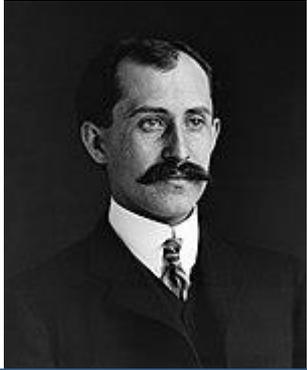


Otto Lilienthal 's glider flight(1897)



Photo(Air & Space Magazine)

Wright Brother's Flight in 1903

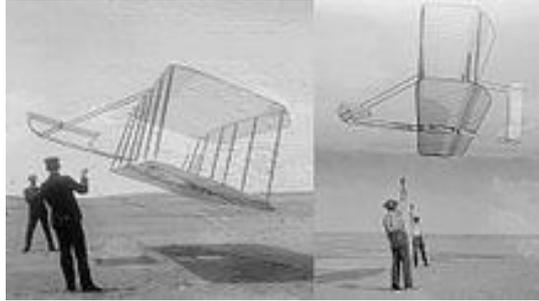


Orville Wright
(1871~1948)

Photo(whio.com)



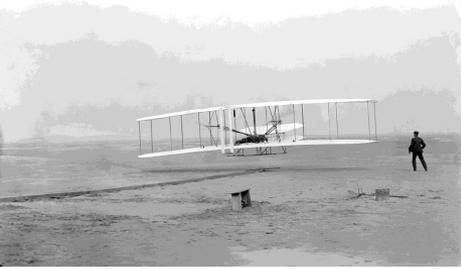
Wilber Wright
(1867~1912)



Photo(space.com)

Why can we fly the plane ?

Photo(space.com)



Experimentally succeed
to fly the plane

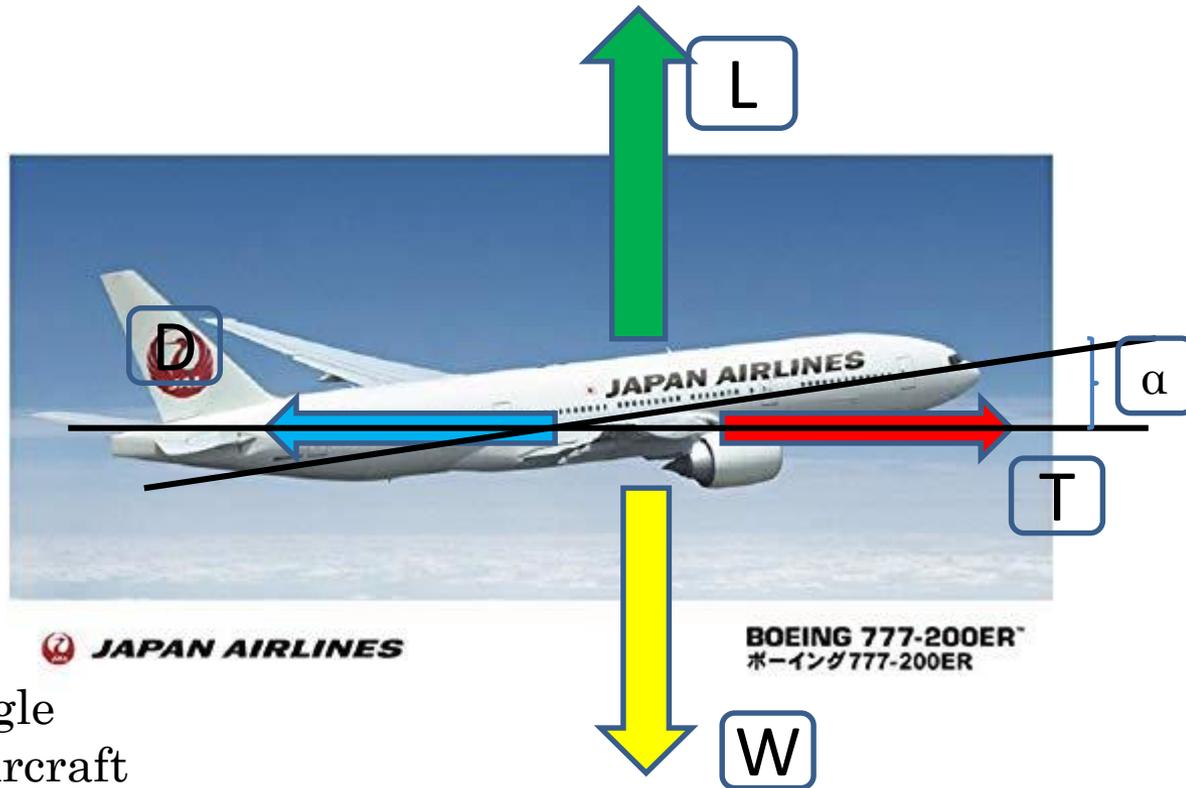
Together with
Emergence of Engine,
Aircraft Control,
Materials for plane

**Why can we
fly the plane**

Before 1900, we
don't have the clear-
cut explanation
about flight.



Aircraft Performance (1)



- α ; Climbing angle
- W; Weight of aircraft
- L; Lift
- D; Drag
- T; Thrust

揚力

Boeing 747-400 ; $W=400\text{Ton}$,
 $S=500\text{m}^2$

$L=800\text{kg/m}^2$

離陸速度約300k
m/Hrとする



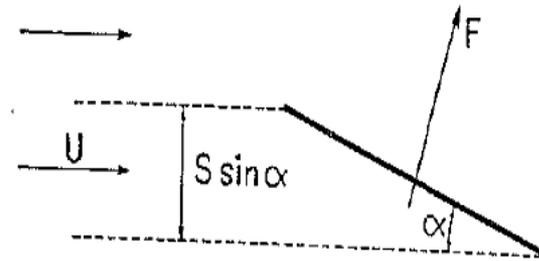
Photo(JAL)



Velocity on upper surface
40% up (47/120)

Direct application of Newton's principle can not explain the real Lift

ニュートン力学の直接の応用では揚力を十分説明できなかった



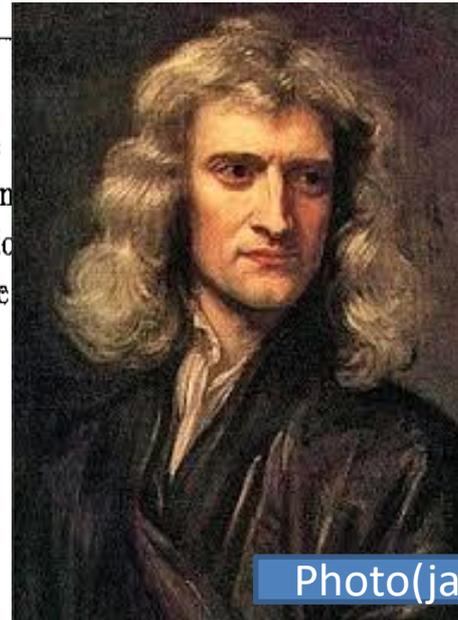
Then $F = \text{change of Momentum}$
 $= \rho U^2 S \sin^2 \alpha$

Lift $= F \cos \alpha = \rho U^2 S \sin^2 \alpha \cos \alpha$
Drag $= F \sin \alpha = \rho U^2 S \sin^3 \alpha$

If Lift is proportional to $\sin^2 \alpha$, the huge wing area is needed.

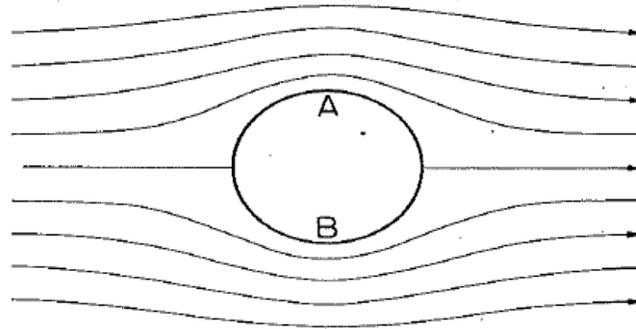
揚力が $S \sin^2 \alpha$ の2乗に比例するとしたら、現実離れした巨大な翼が必要になる。

The
assum
sectio
S the

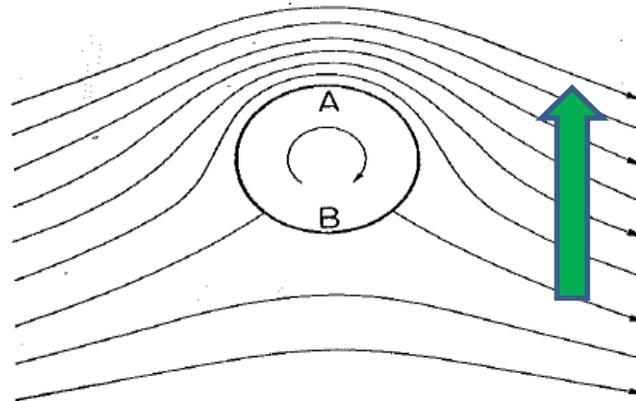


Photo(ja.wikipedia.org)

Theory of Lift by Magnus Effect



Ideal flow past a circular cylinder.



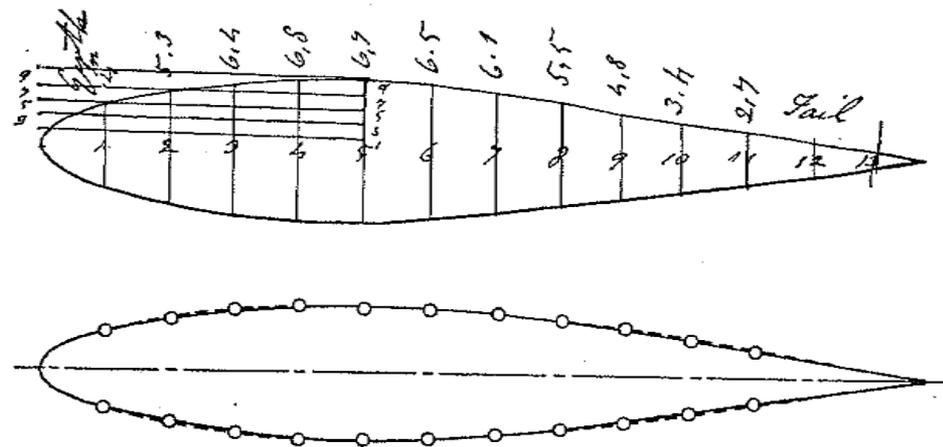
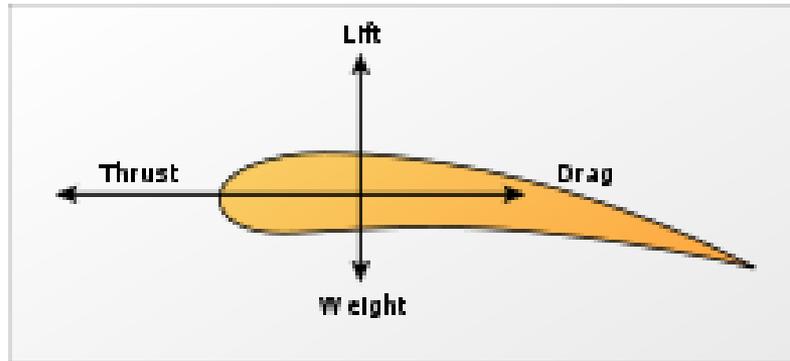
Ideal flow past a circular cylinder with clockwise circulatory motion superimposed.

Principle of the airplane was first announced by Cayley

Sir Geroge Cayley(1773-1857) probably defined for the first time **the component of Lift and Drag.**

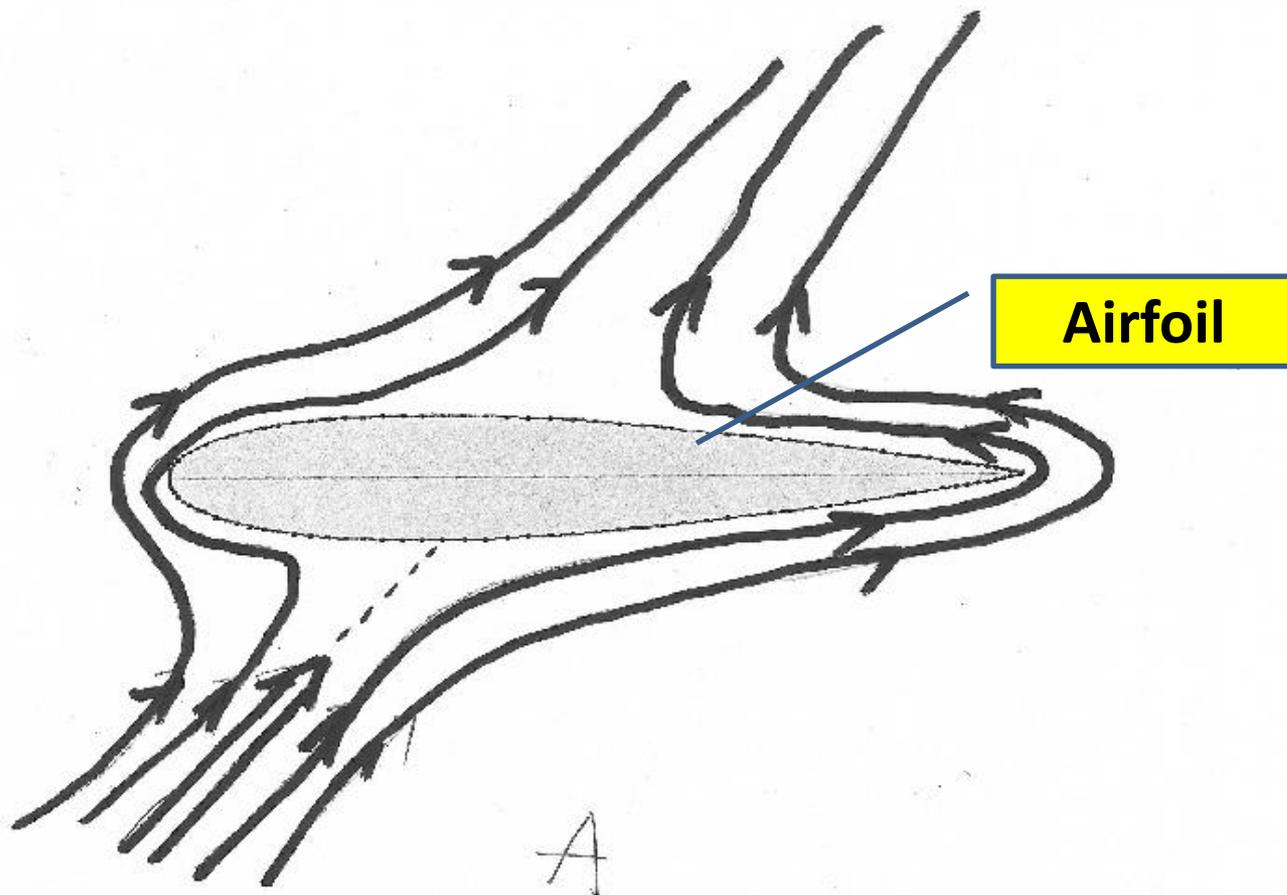
Cayley obtained the profile shown in the drawing by measuring the girths of various cross section of Trout .

The shape of this profile exactly coincides with certain **modern low-drag airfoil** sections.

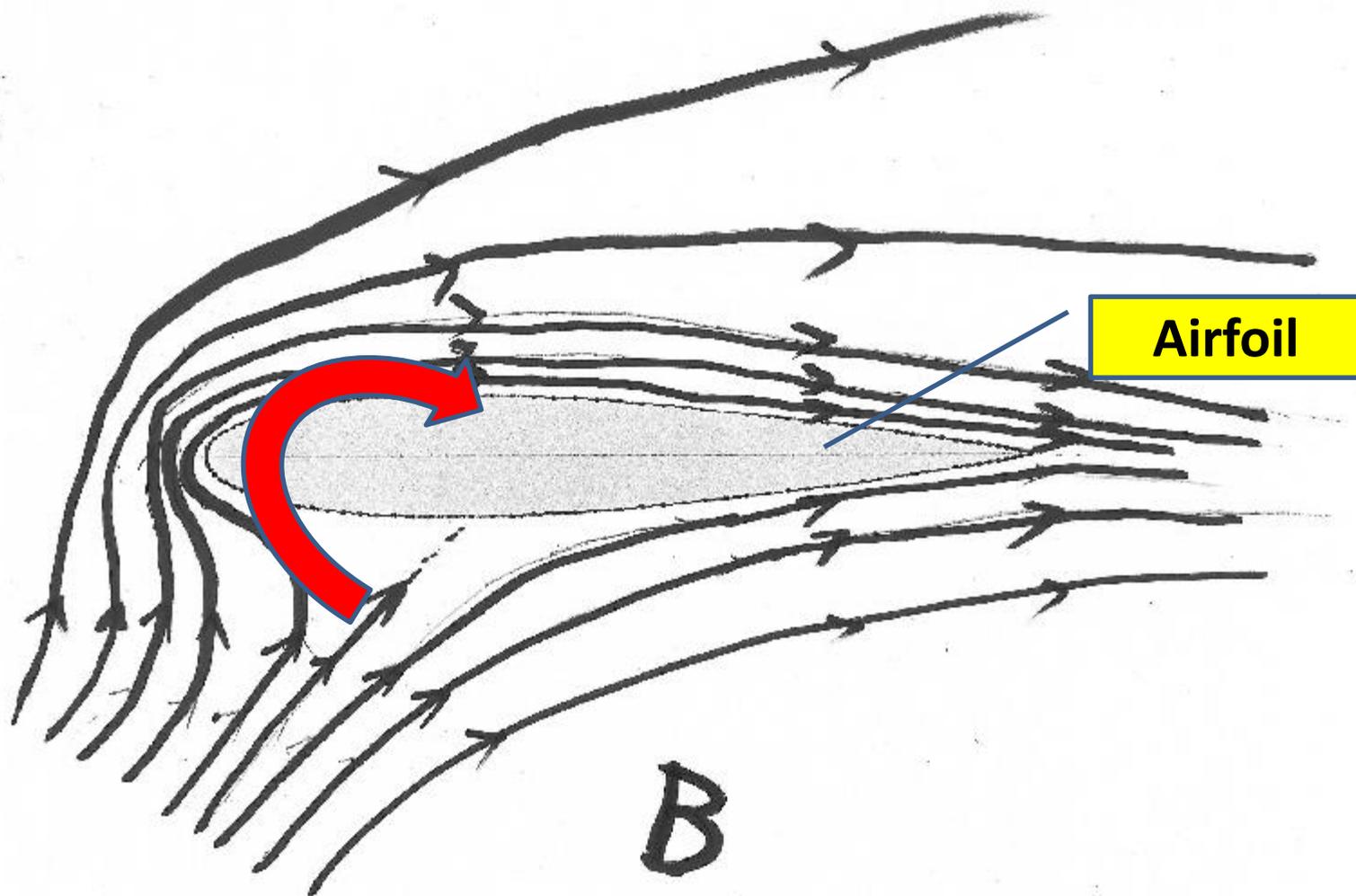


Above: Sir George Cayley's sketch of the cross section of a trout. (From *Aeronautical and Miscellaneous Note-Book* (ca. 1799-1826) of Sir George Cayley [Cambridge, 1933].) Below: A comparison of Cayley's trout section with modern low-drag airfoil sections. Circles indicate Trout; — N.A.C.A. 63A016; -----LB N-0016.

揚力が発生しない流れ場



揚力が発生する流れ場



Theory of Flight (1)

- a. Frederick Lanchester made two ideas, namely the idea of **circulation as the cause of lift**, and of **tip vortices as cause of induced drag** in 1884, but these were qualitative ideas.

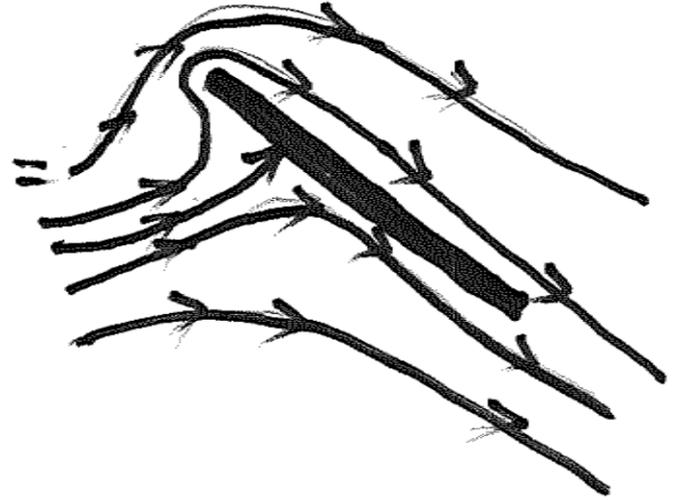


Photo(en.wikipedia.org)

Synthesis of an inviscid, incompressible flow over an airfoil



+



Uniform Flow

(no circulation)

Circulatory Flow

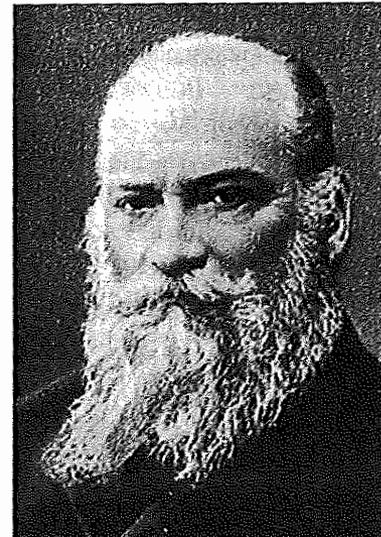
(circulation)

Flow over Airfoil

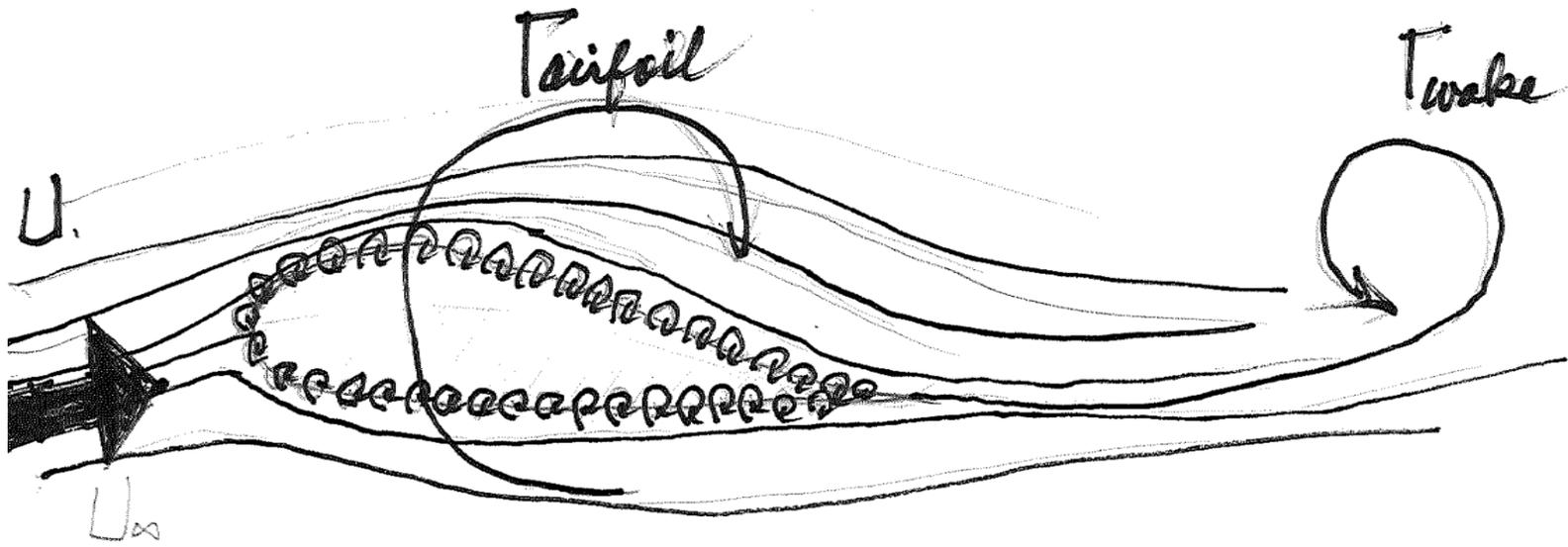
(Flow with circulation)

Theory of Flight (2)

Kutta and Joukowski
developed the
Quantitative
Circulation theory of
Lift about 1906,
Namely $L = \rho U \Gamma$



Vortex sheet and Lift of airfoil (2)



$$\vec{e}_t \cdot \vec{e}_s$$

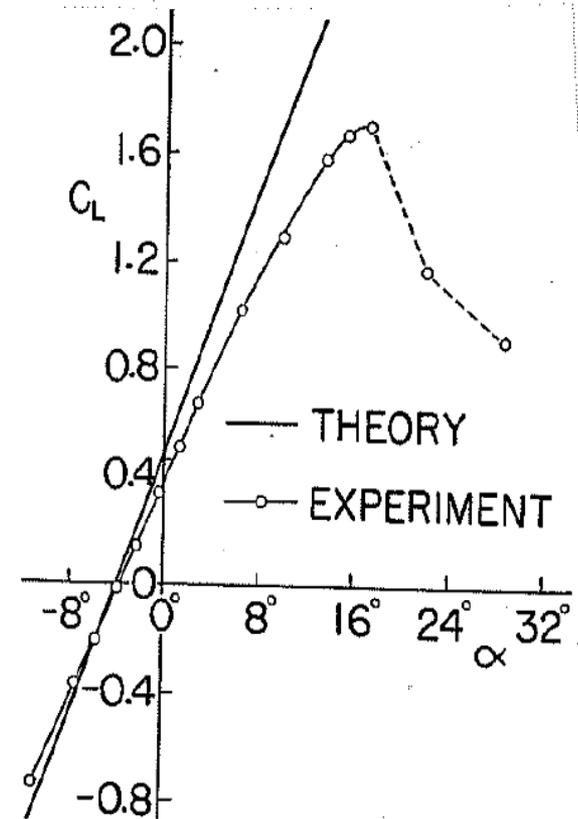
Vortex sheet

$$\Gamma = \oint \vec{v} \cdot d\vec{s}, \quad \underline{\underline{\text{Lift} = \rho U_\infty \Gamma}}$$

Comparison of Theory and Experiment for Lift

1. **Kutta and Joukowski's condition** has the a salient feature that determine the magnitude of circulation.
2. By knowing the circulation magnitude, we can calculate the lift shown in the latter section.

Lift coefficient C_L of an N.A.C.A. 4412 airfoil versus angle of attack, α . The circulation theory of lift is compared with the experimental result.



Theory of Flight (3)

Ludwig Prandtl developed the **Boundary Layer Theory** for calculation of precise **Drag** of Airfoil.

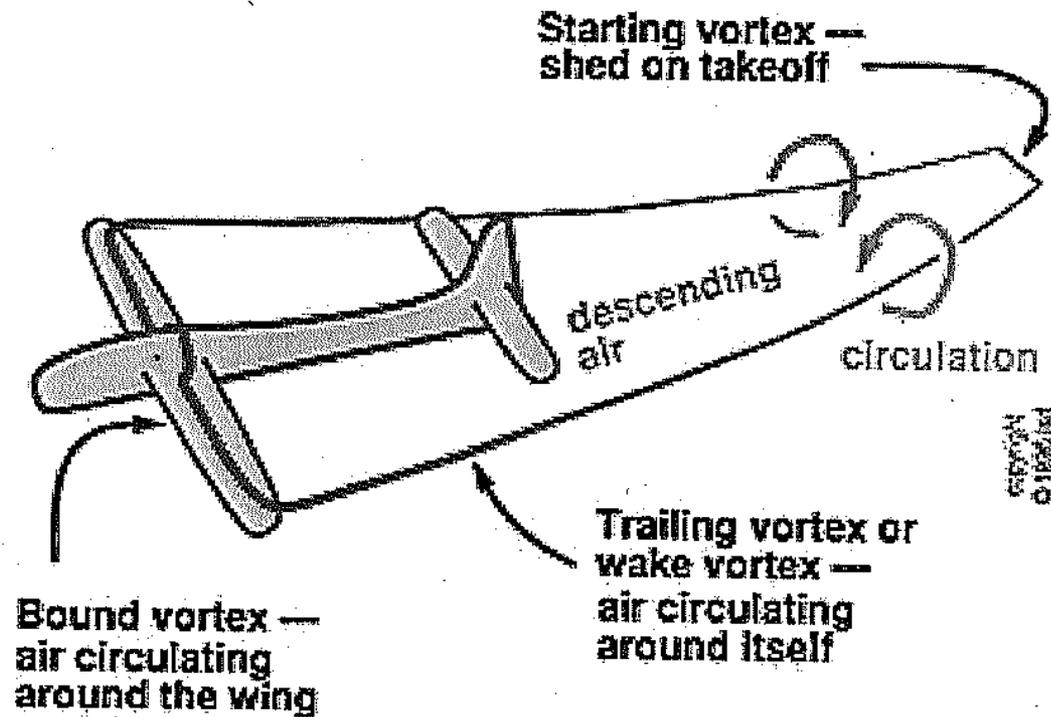
Prandtl was the father of modern aerodynamics and a monumental figure in fluid dynamics.



Photo(en.wikipedia.org)

Prof. Ludwig Prandtl

Schematic display of 3-D vortexes around airplane



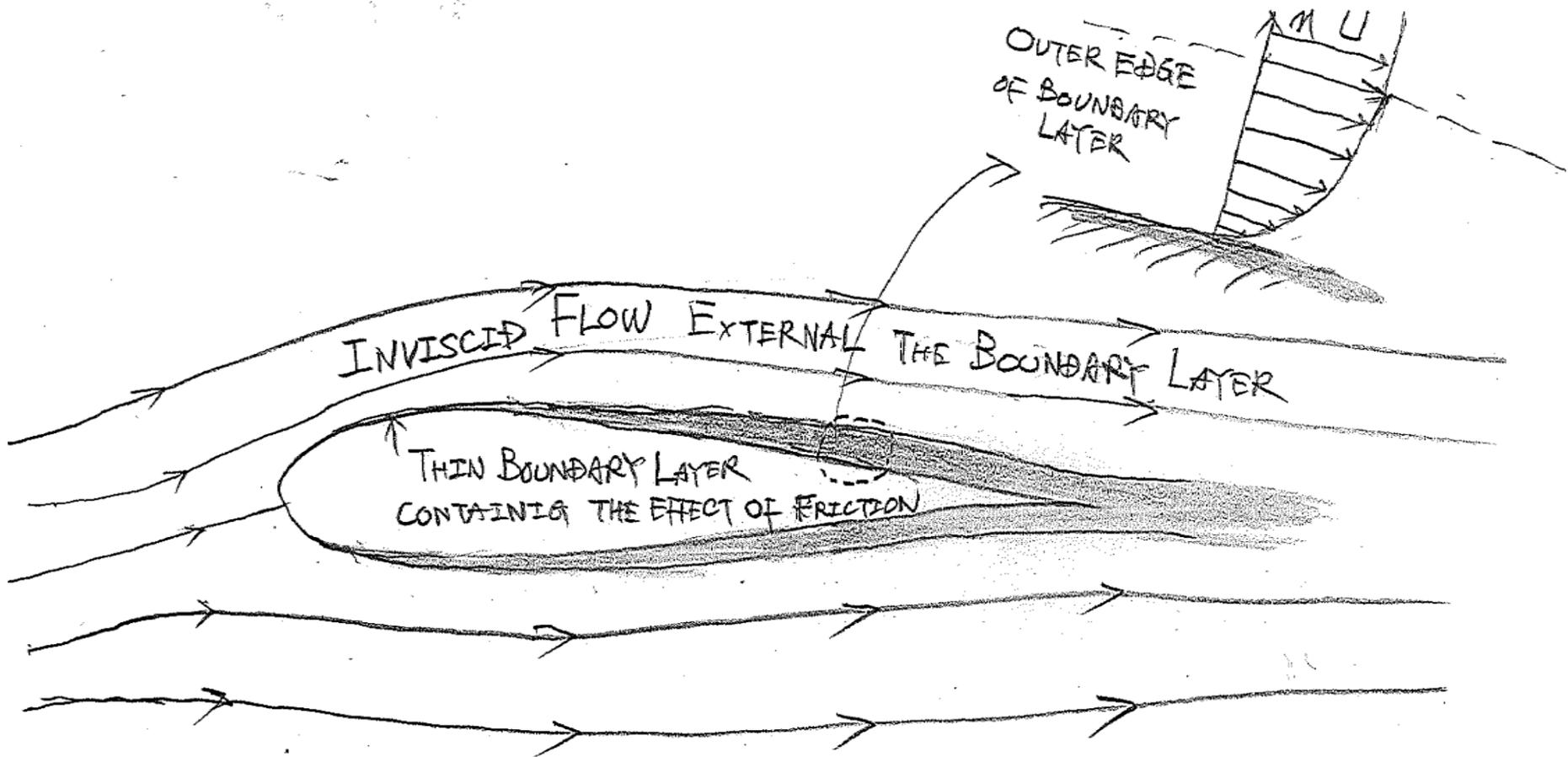
Vortex system around a commercial airplane



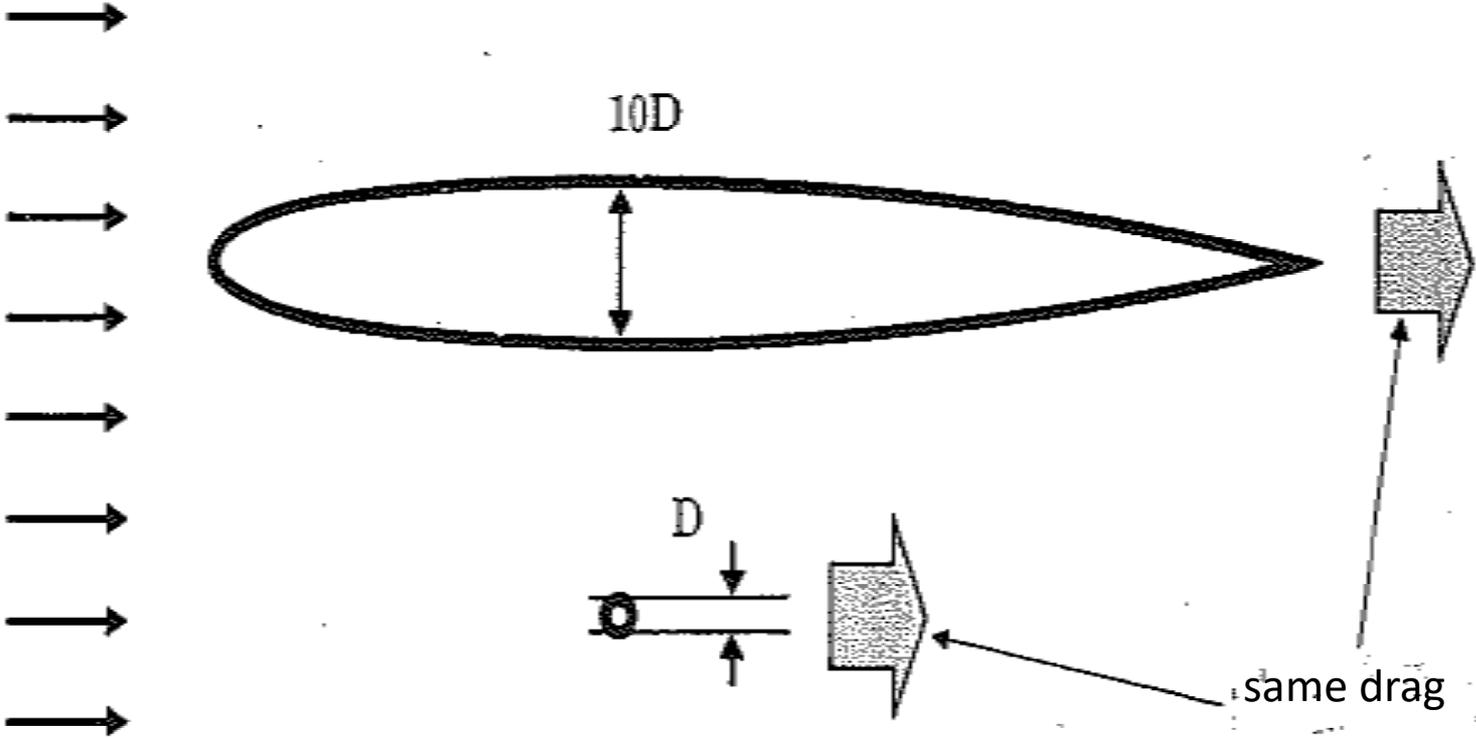
Photo(reddit.com)

Drag & Shock wave(抵抗と衝撃波)

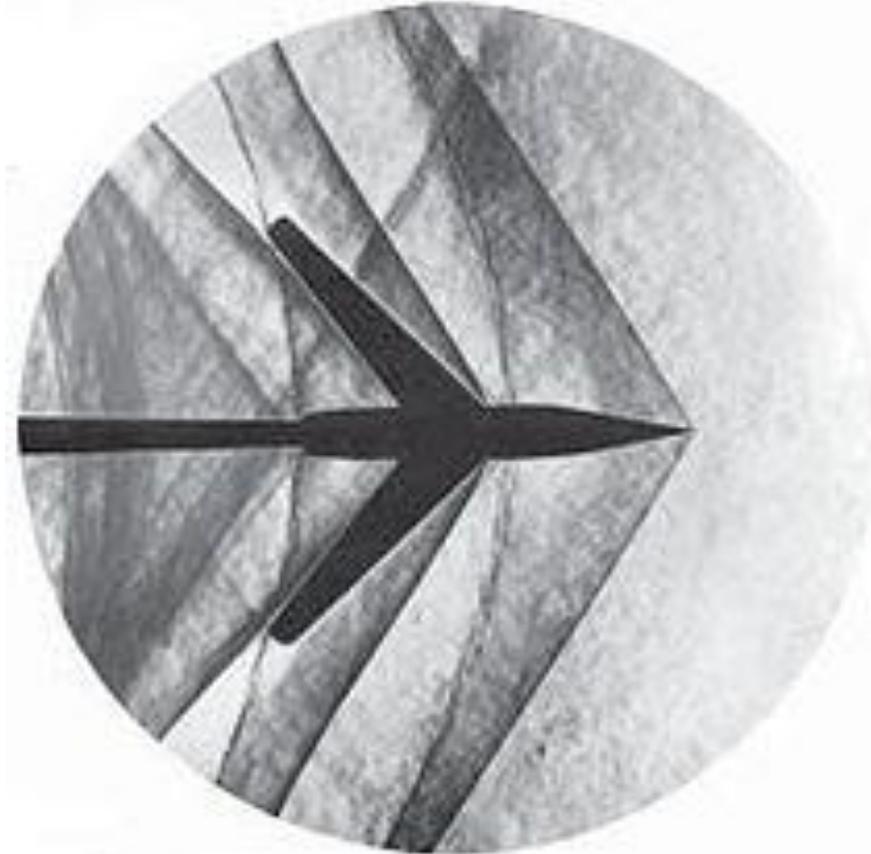
Thin Boundary Layer of an airfoil



Comparison of Drag between thin wire and airfoil



超音速飛行の衝撃波



Photo(ja.wikipedia.org)

Example of Shock wave

Visualization of shock around an aircraft



Photo(wiki.metropolia.fi)

Japanese Aircrafts before World War 2

- Aircraft Carrier Akagi



- Zero Fighter



- Bomber IsshikiRikko



戦後初の国産航空機YS-11



Photo(ja.wikipedia.org)

- YS-11

<https://www.youtube.com/watch?v=cwOeNygSt3E>

Japanese New R & D Projects



Photo(ja.wikipedia.com)

Increasing Demands of regional Jet Liners

DNA of Zero Fighter, Accumulated by sub contract works

National prestige of Economic Great Power



Photo(hondajet.com)

Development of MRJ,
Aiming at delivering at
2020

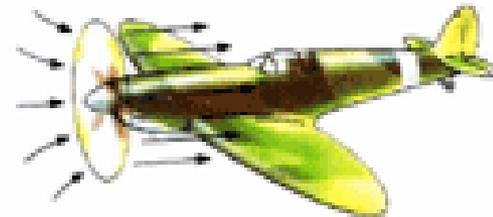
- Co-operation Project among MHI , other corporation and Government, Max. 70~90 Seats
- Honda Jet
Business Jet for Europe and US

Honda Jet, Honda Group,
Unique Design, Certified
by FAA at 2010, No.1 of
world Sales in 2017

Jet Engine の概略



少質量の空気を高速で押し出す

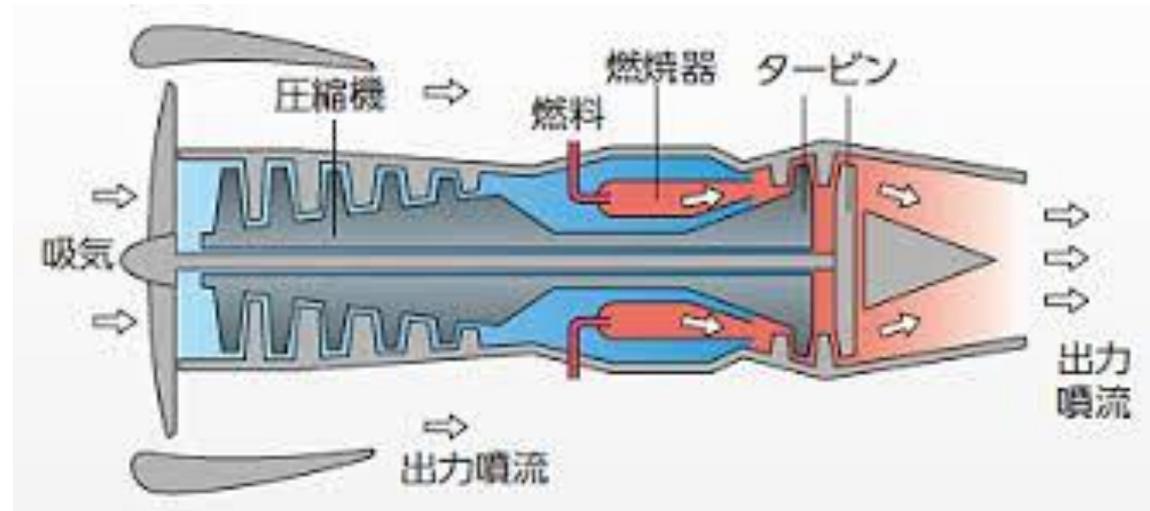


大質量の空気を低速で押し出す

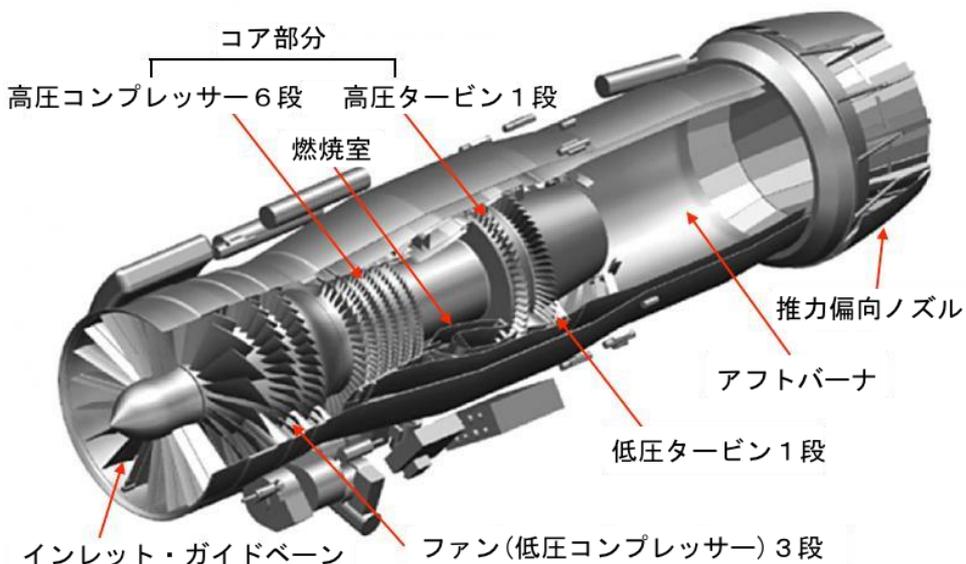
「ザ・ジェット・エンジン」(発行: (社) 日本航空技術協会) よりイラスト引用



Photo(GE Aviation)



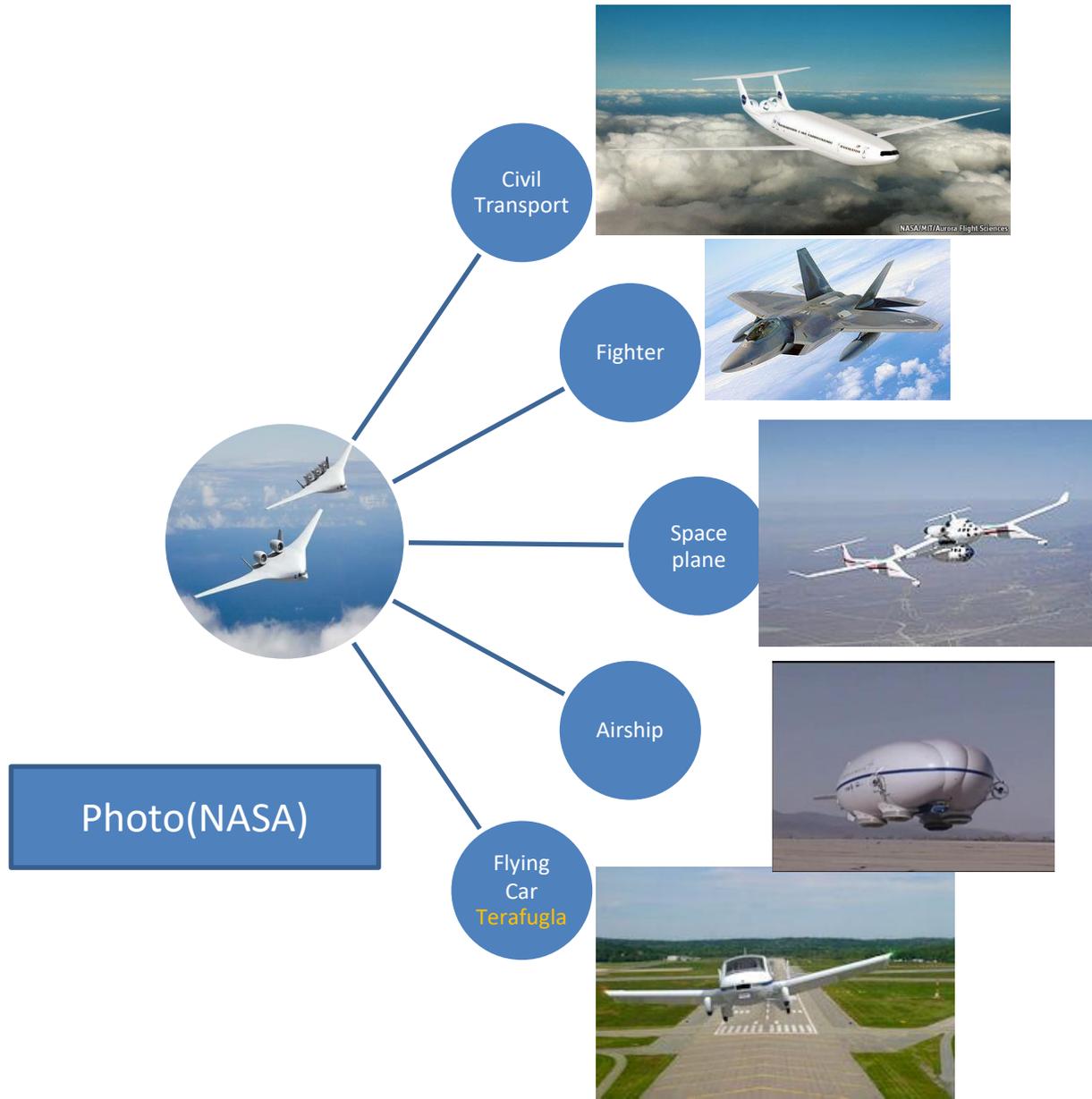
Development of world top level Jet Engine



Photo(IHI)

エンジン名	メーカー	開発国	機種	推力
XF9-1	IHI	日本	試験用	15トン以上
F100	PW	米国	F-15J F-16	10.7~13.2トン
F110	GE	米国	F-15E, F-2	13.1~14.7トン
F119	PW	米国	F-22	15.9トン
F135	PW	米国	F-35	18.6~19.5トン
AI-41 F	UEC	ロシア	Su-35	14.5トン

Future aircraft



結びに

ご清聴、
有難うございました。

