

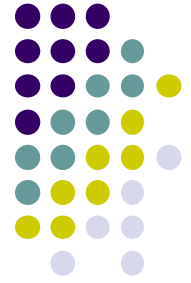


# 自動車用風洞

高木通俊

スライド中、Ref. p. 5 などと表記している図・表は下記によります。使用許可を与えてくださった筆者並びに出版社に感謝します。

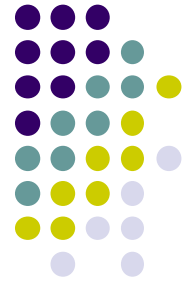
○武藤真理: おもしろ自動車空力学, 三栄書房(平成13年)



# 目次

- 自動車用風洞
  - 基本要素
  - 代表的形式
  - 必要条件
- 自動車風洞の新技術
  - グラウンドシミュレーション
  - 低騒音化

# 風洞とは？



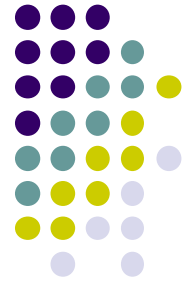
- 飛行機・車・列車などが飛行・走行するときにその周囲に相対的な気流が発生する
- 逆に、飛行機・車・列車などを静止させておき、そこに気流を吹き付けてもよい（風洞原則：レオナルド・ダ・ビンチ 1490）
- これらの物体（風洞模型と呼ぶ）に働く気流の力やモーメントを計測するのが風洞の役目である
- 従って、模型が実際に飛行・走行するときの状況を忠実に模擬する必要がある

# 自動車用風洞の種類



- 空力風洞
  - 空気力の計測
  - 風音
  - 実用空力(ワイパー・後方視界)
- 熱風洞(環境風洞)
  - エンジン耐熱性
  - 排気清浄化
  - 空調性能

# 空力風洞の基本要素

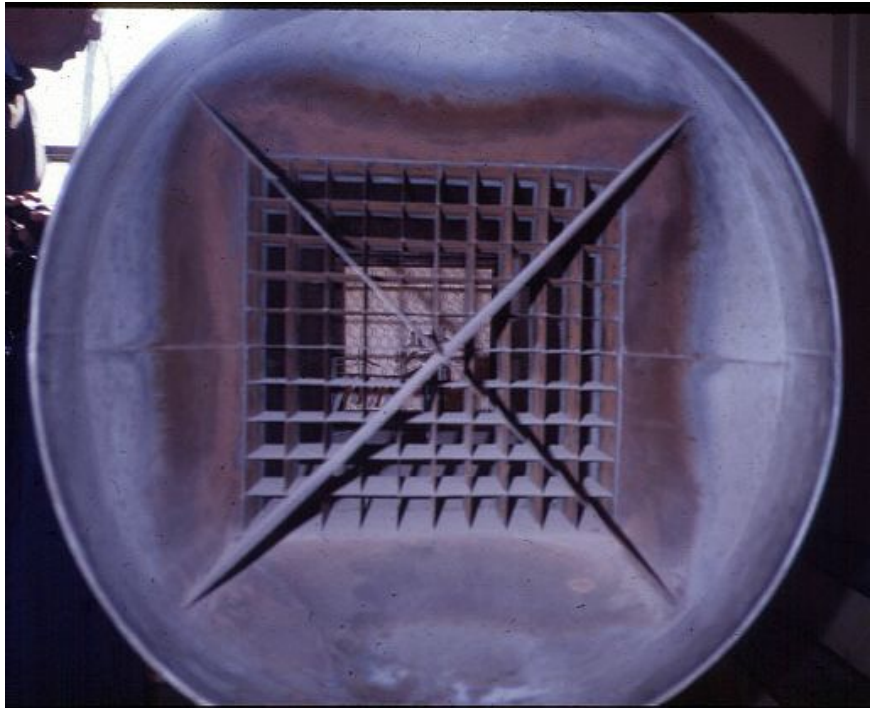
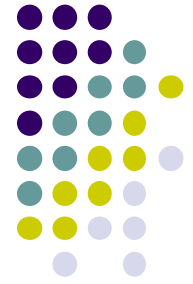


- 送風機
  - 主に軸流送風機が使われる
- 整流装置
  - 流れにねじれや乱れがあっては困る
- 天秤装置
  - 模型に働く空気力やモーメントを計測する

# ライト兄弟の風洞(1)

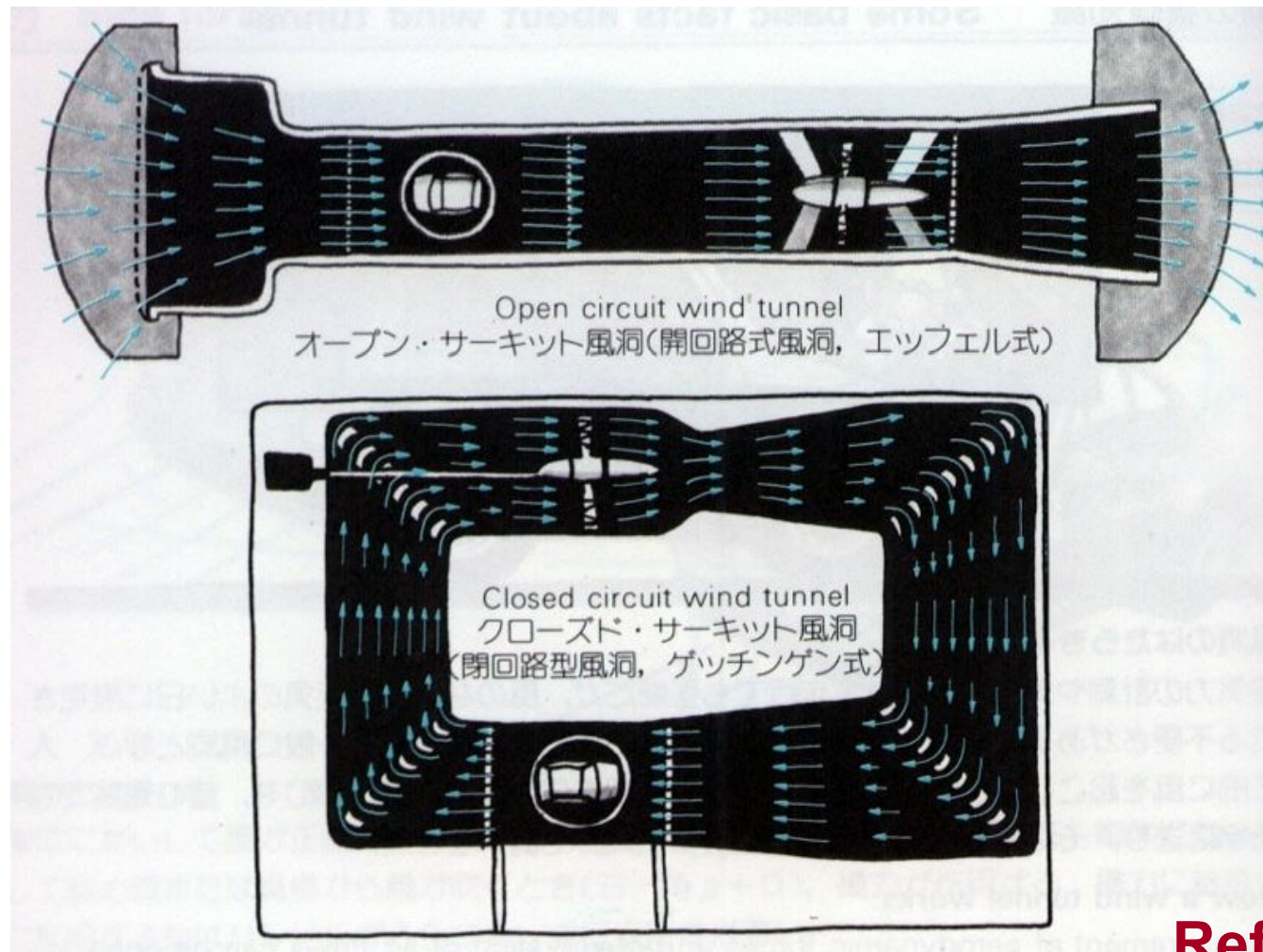


# ライト兄弟の風洞(2)





# 風洞の代表的形式



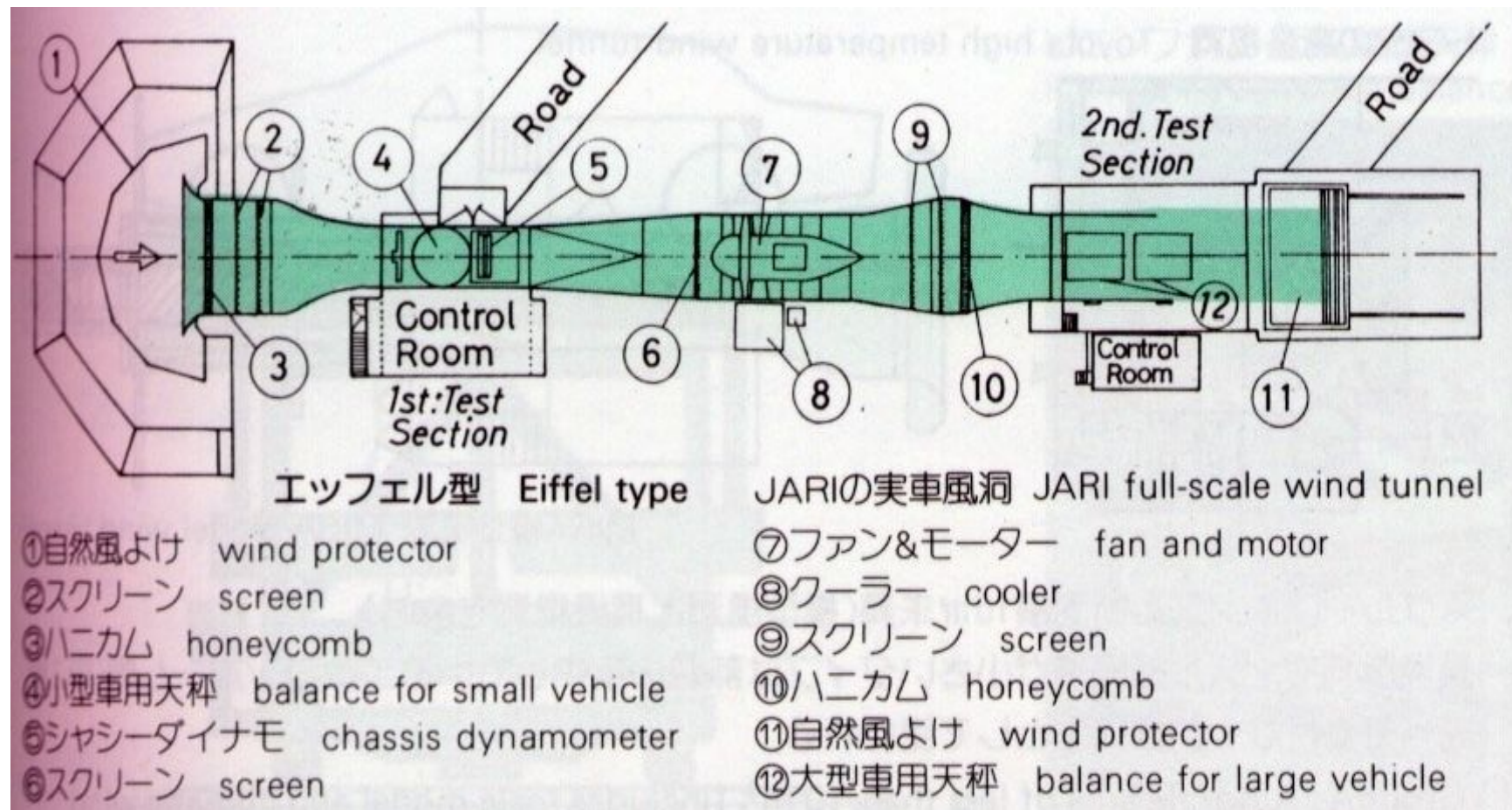
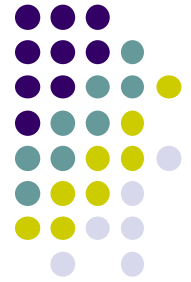


# エッフェル型とゲッチングン型

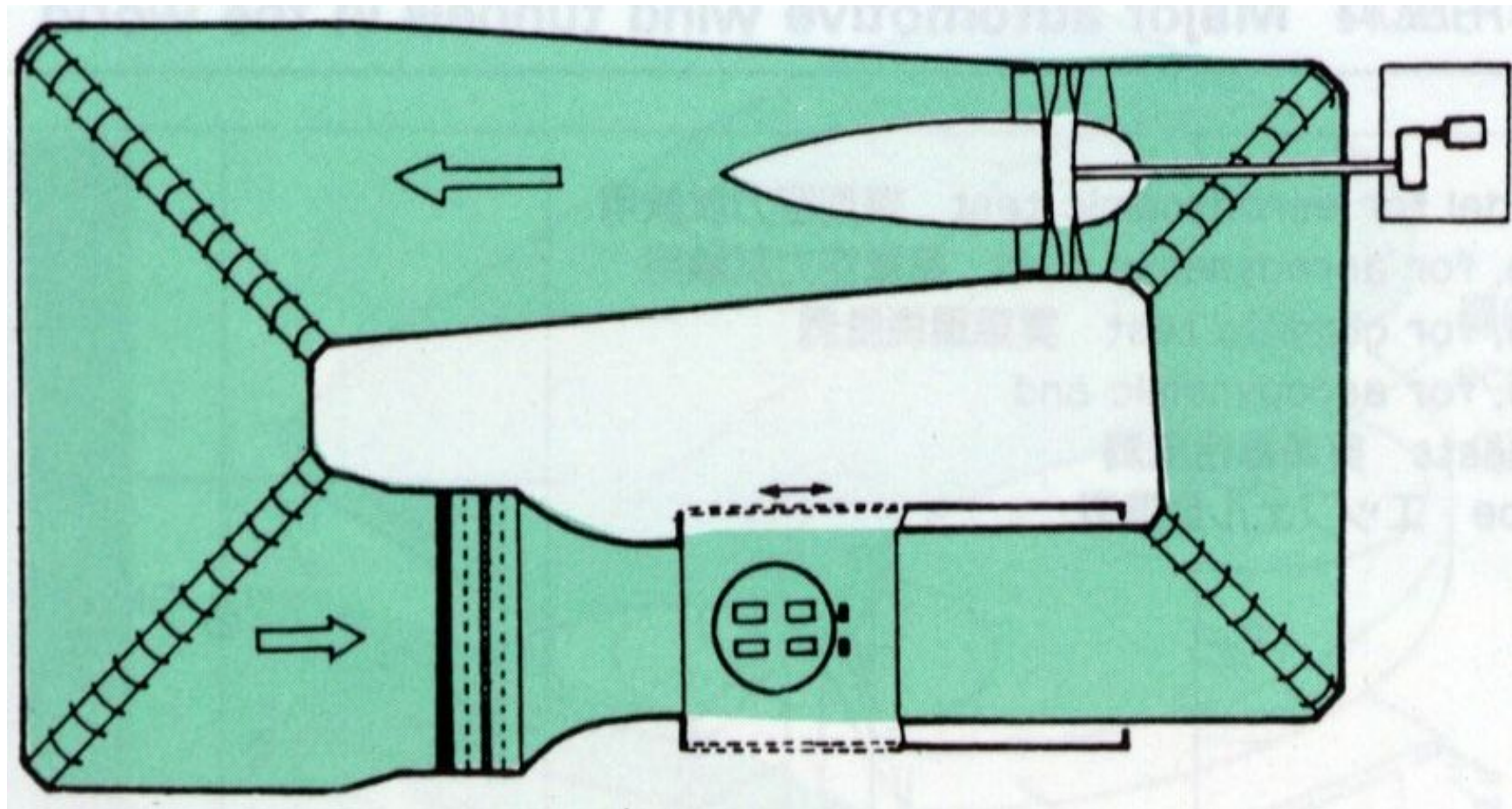
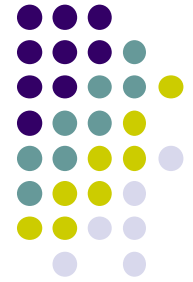


	エッフェル	ゲッチングン
価格・面積	○	△
効率	△	○
外部との干渉	△	○

# エッフェル型風洞の例

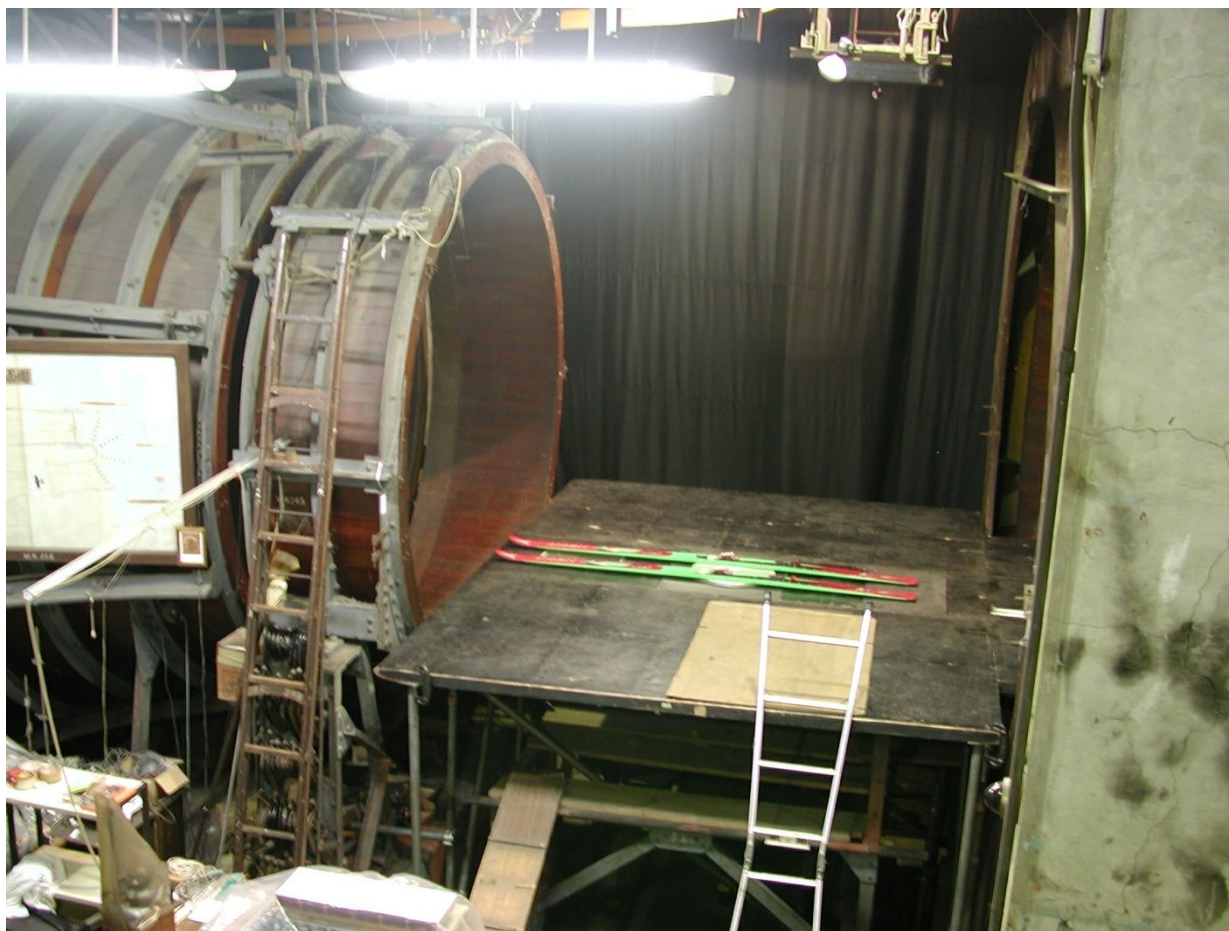


# ゲッチンゲン型風洞の例





# 航研(現在、東大境界研)風洞



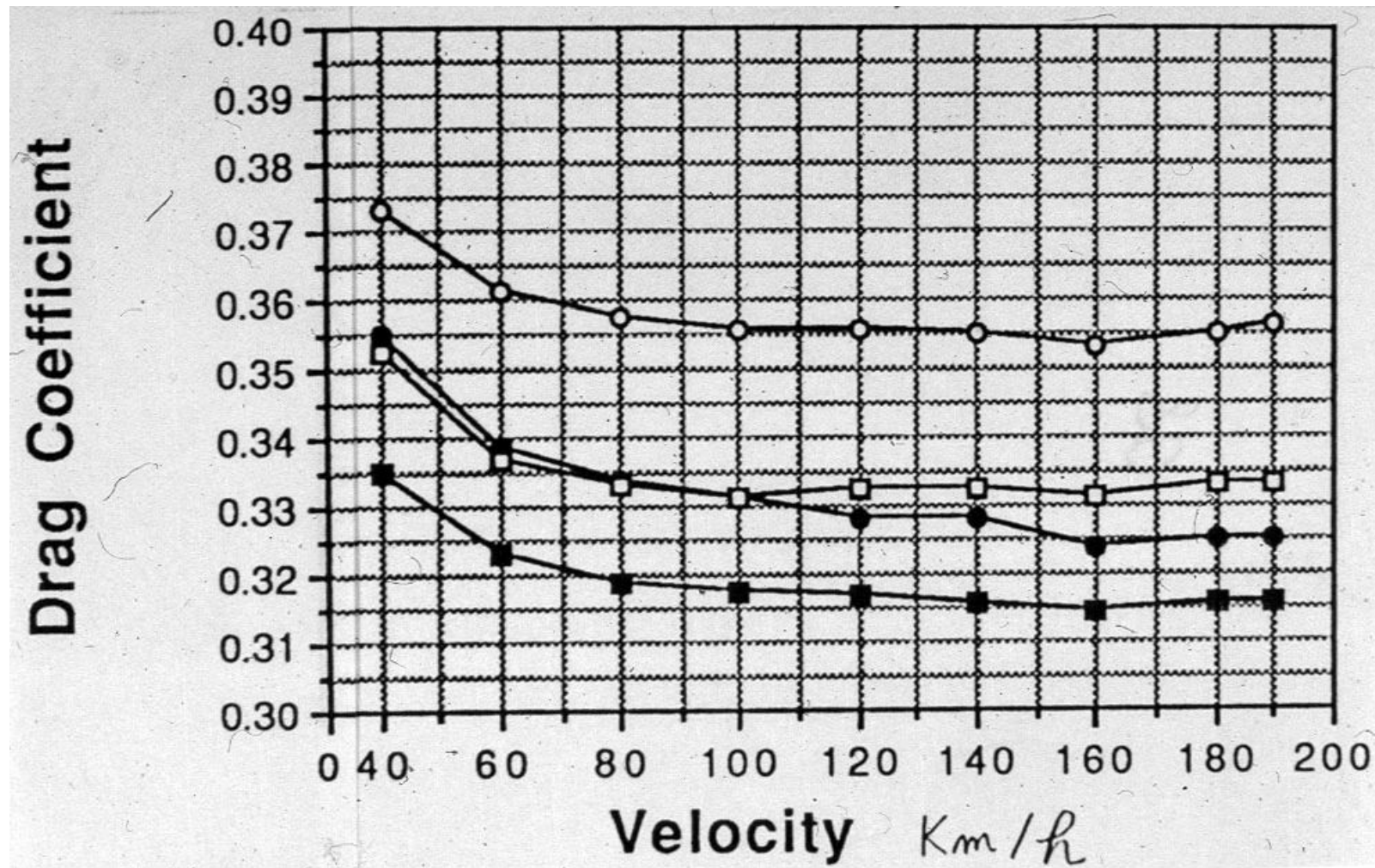
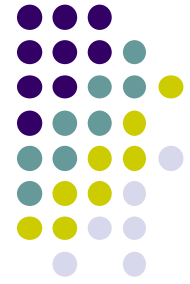
ゲッチンゲン型 1930製

# 自動車用風洞の必要条件

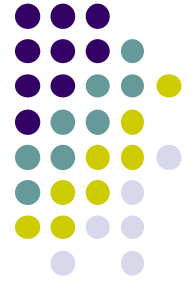


- 模型が測定する自動車と相似である
- レイノルズ数の一致
- 天秤の存在が流れを乱さない
- 風洞の壁の存在が測定結果に影響しない
- グラウンドシミュレーションが適切なこと  
(最低限、タイヤが回転できる)
- 低騒音

# 風洞風速と $C_D$ の関係







# 自動車用風洞天秤の種類

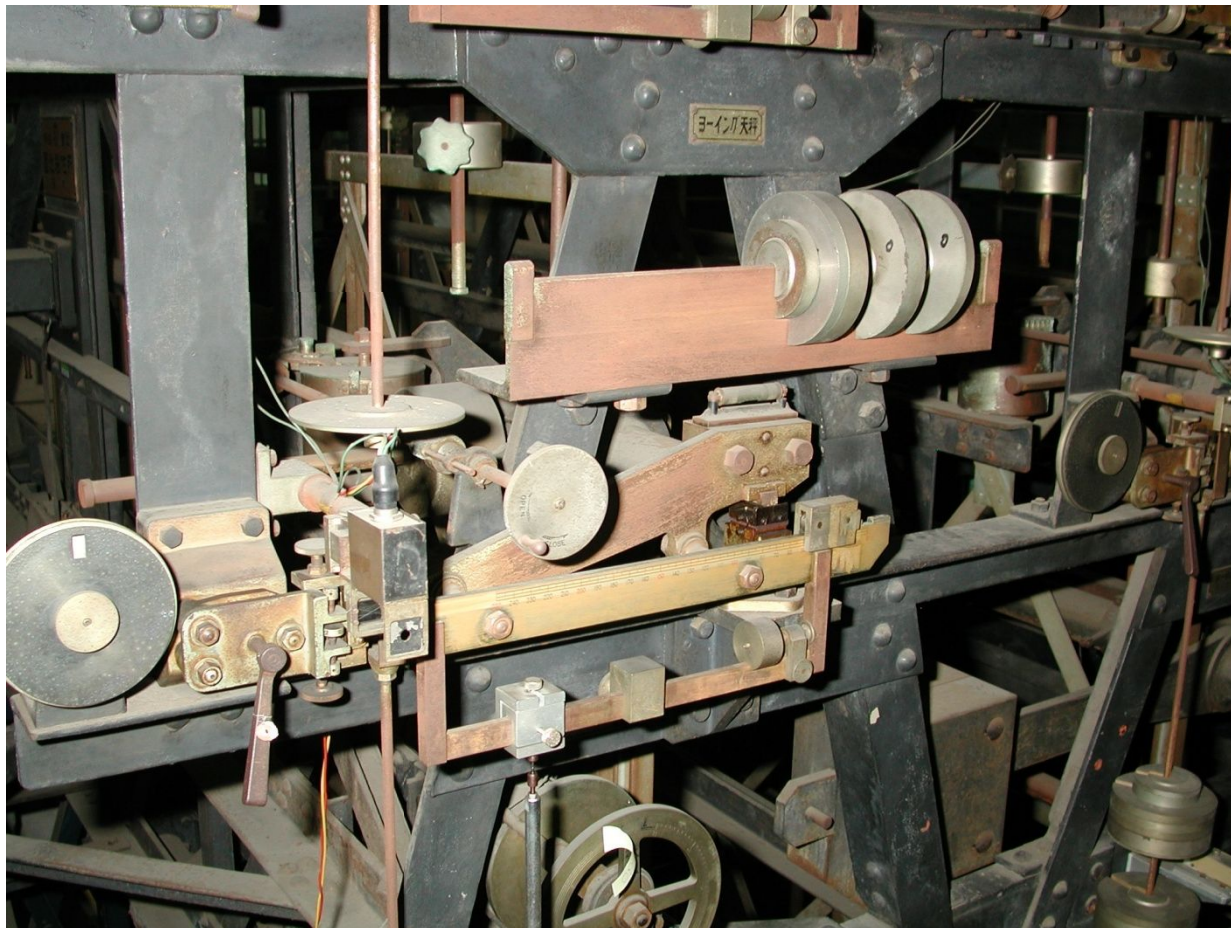
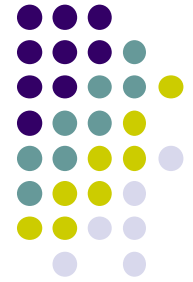
- 床置き式
  - 流れを乱さないようにできる
- ストラット型
  - 流れに直交するバーで支持
- ステイング型
  - 流れにできるだけ平行なバーで支持
- ワイヤ型
  - 細いワイヤで模型を吊る

# 各種の天秤



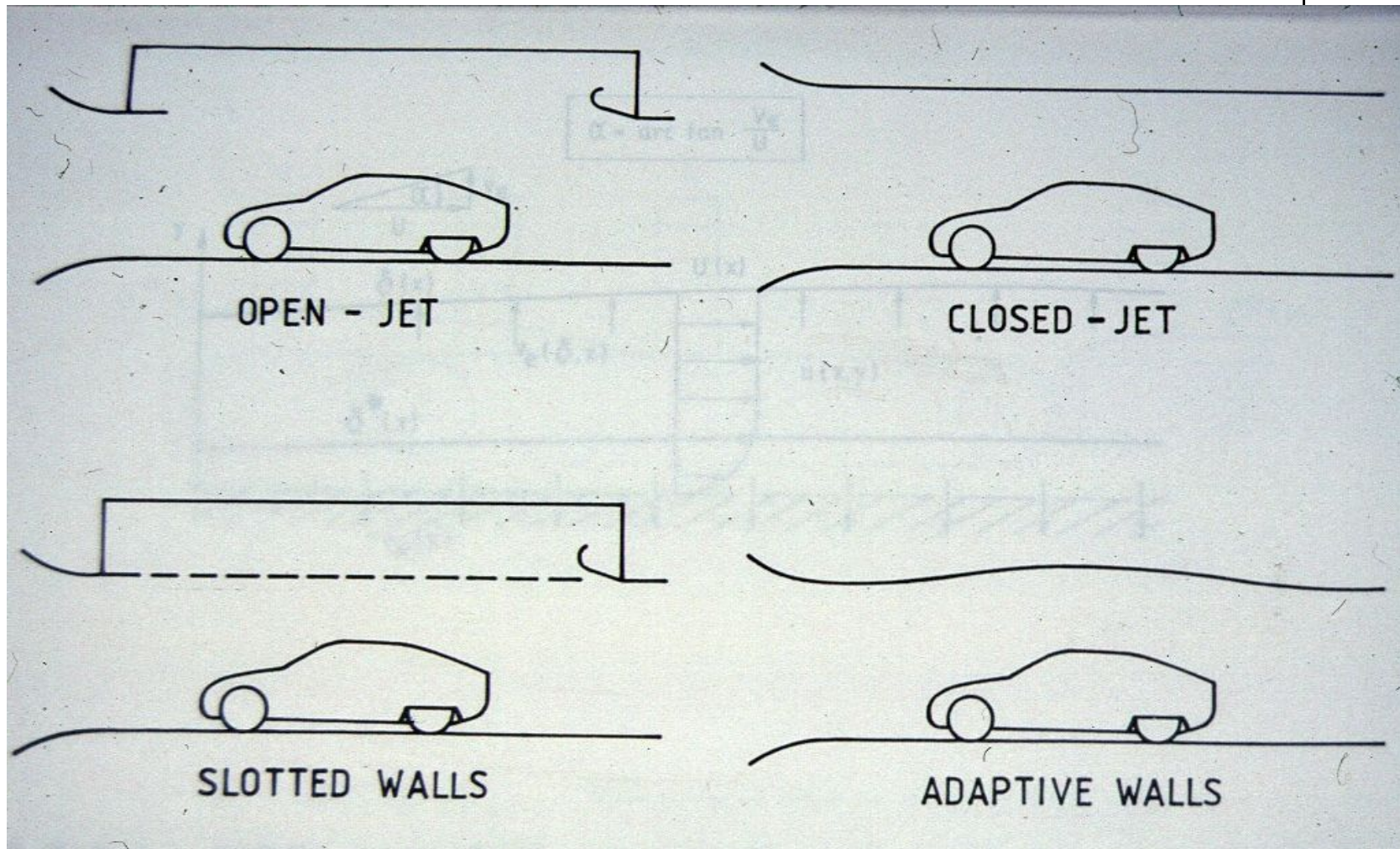
Ref. p. 5 他

# 航研風洞の機械式天秤

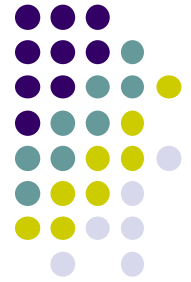




# 風洞測定部の形式

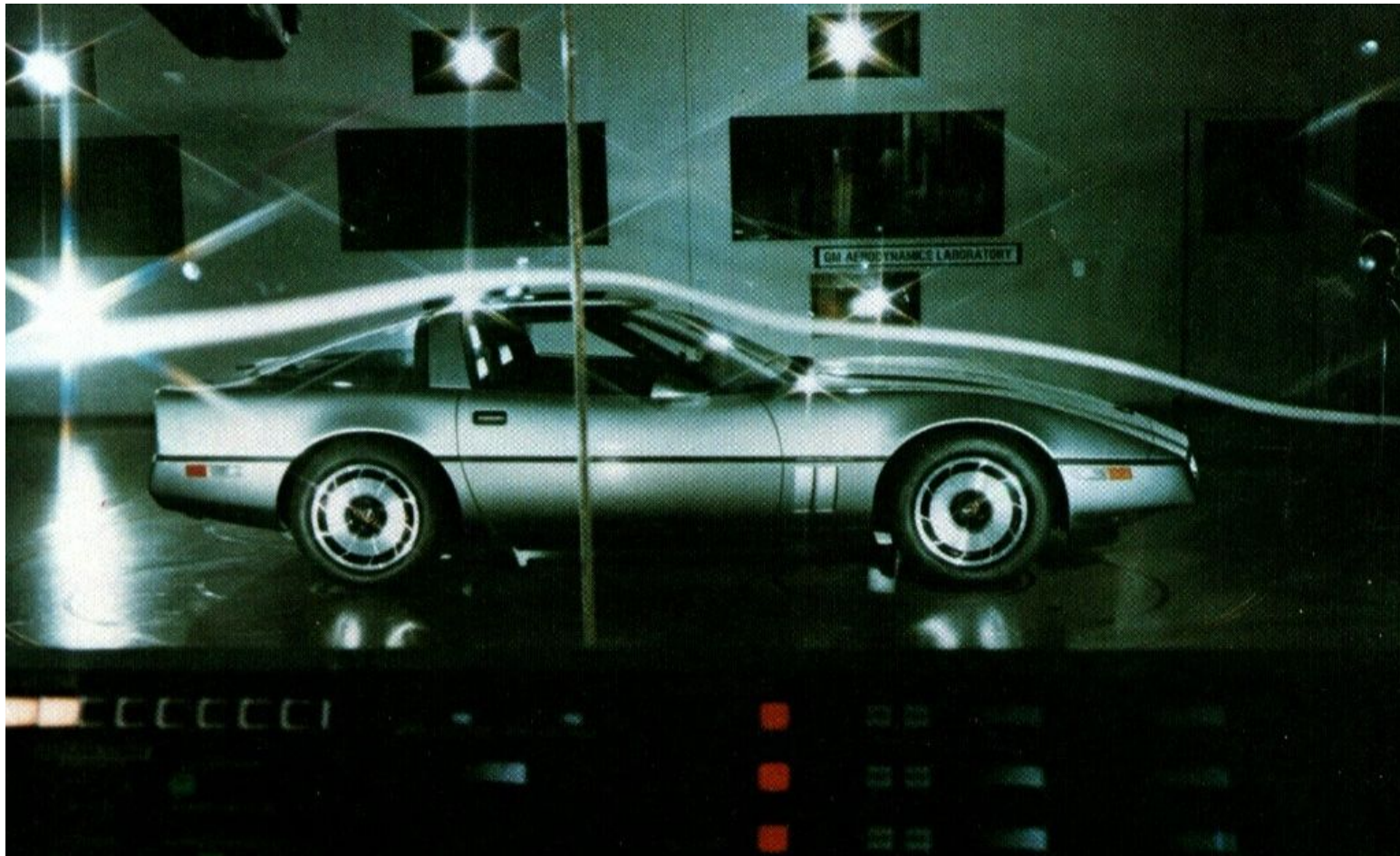
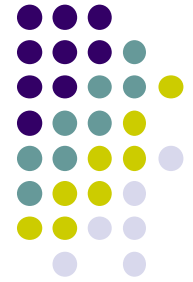


# クローズドとオープンの比較



	クローズド	オープン
効率	○	△
壁の影響	△	○
騒音	外には漏れにくい	低騒音化の処理がしやすい

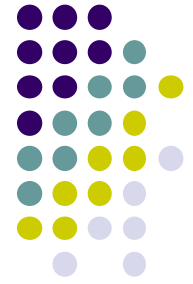
# クローズドテストセクション



GM

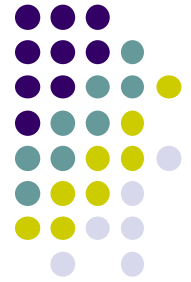


# オープンテストセクション



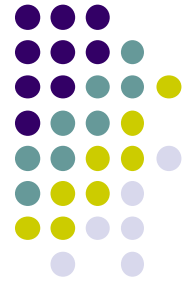
**Daimler Benz**

# 実車用風洞の代表諸元



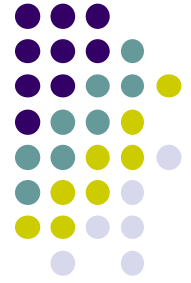
- 縮流比：**4:1** 以上
  - 流れの一様性・低乱流度の確保
- 測定部断面積：**20～30 m<sup>2</sup>**
  - ブロッキング比 **10 %** 以下
- 測定部長さ：**10～15 m**
  - 模型全長の2倍以上
- 最大風速：**200 km/h** 以上
  - 自動車の最高速にあわせる

# 従来型自動車風洞の例



- 縮流比: **3.53:1**
- 測定部断面: 約  
 **$5 \times 7 = 32.6\text{m}^2$**
- 測定部長さ: **10m**
- 最大風速: **270km/h**
- 地面板、床下天秤、境界層吸い込み



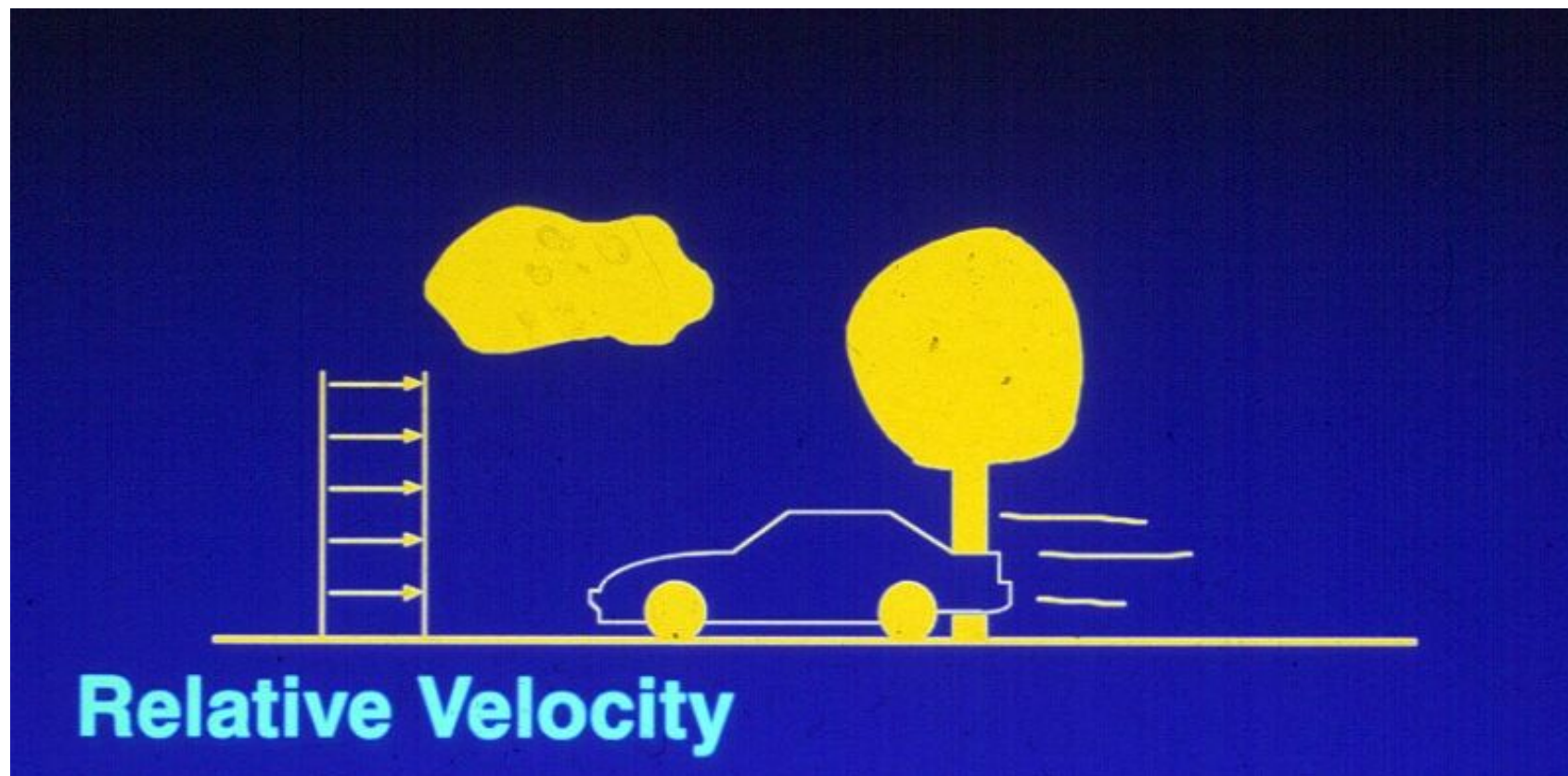
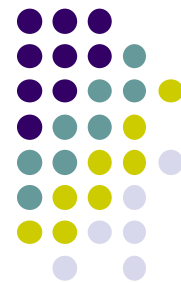


# 風洞新技術

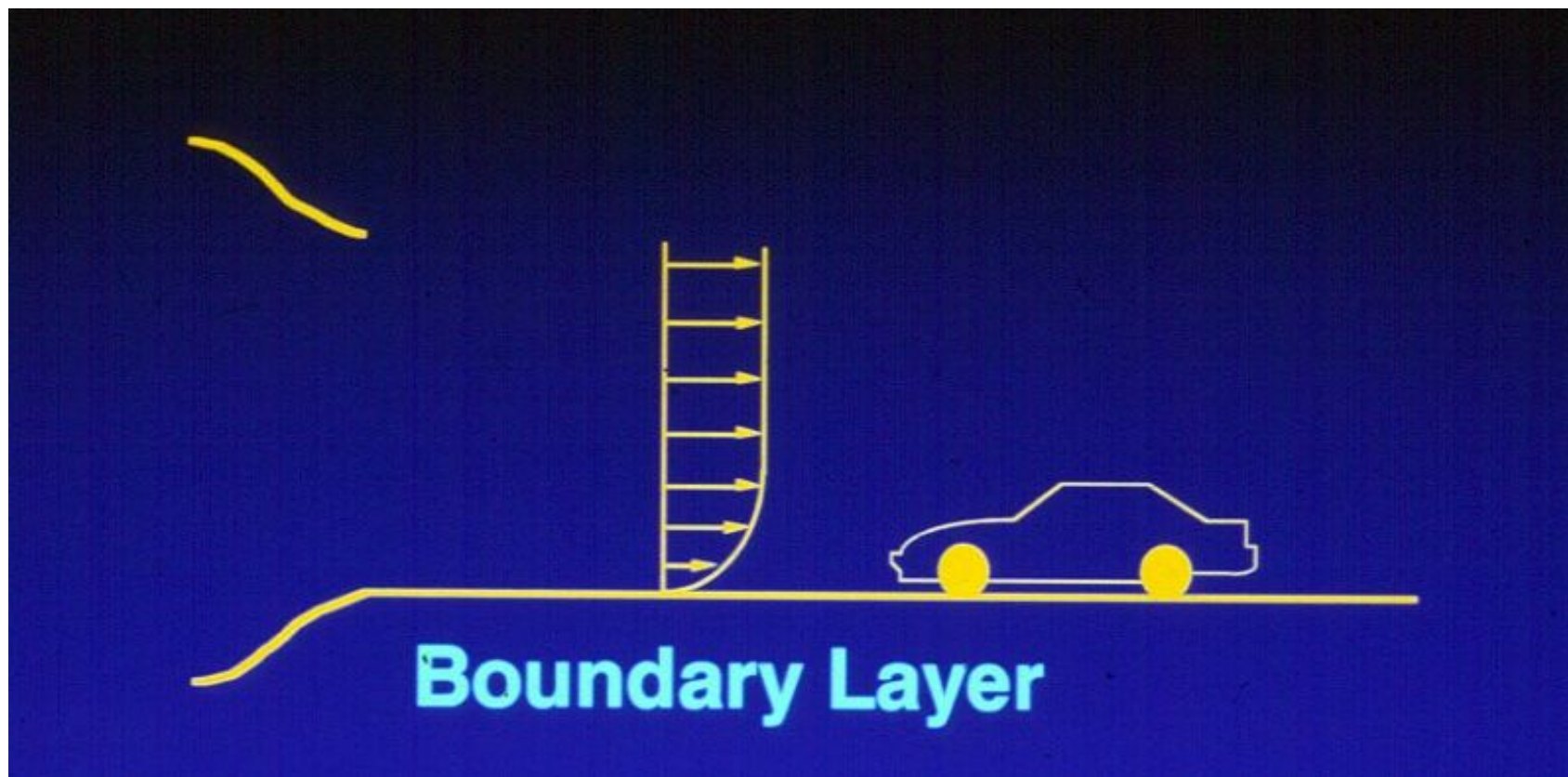
- グラウンドシミュレーション
- 低騒音風洞
- 風洞間の相関
- スロツテドウオール測定部
- アダプティブウオール測定部
- 低温風洞・高圧風洞
- 磁力支持天秤



# 実際の走行

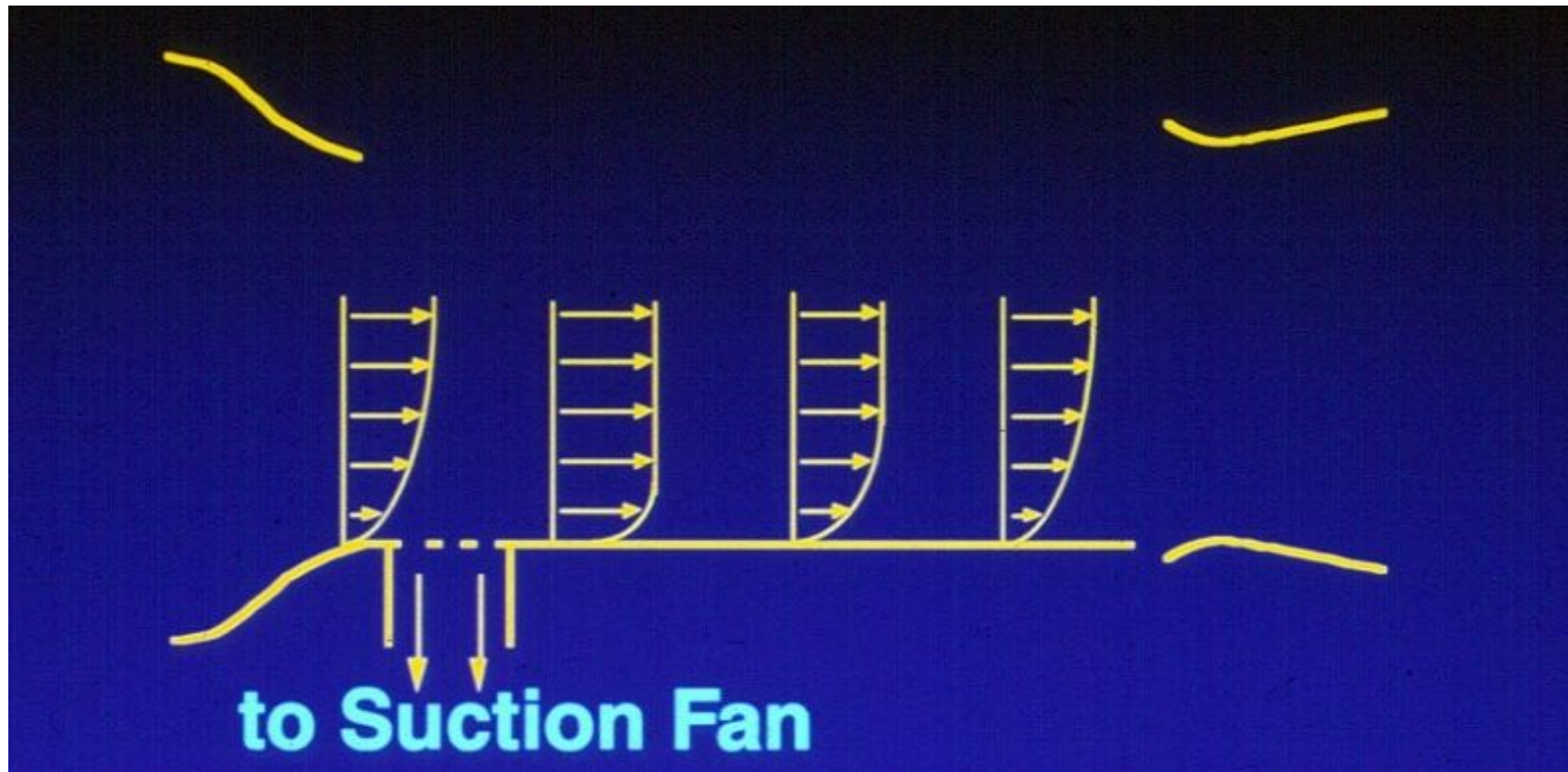
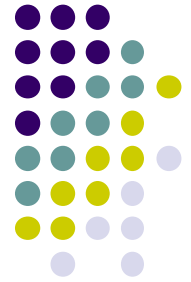


# 通常の風洞

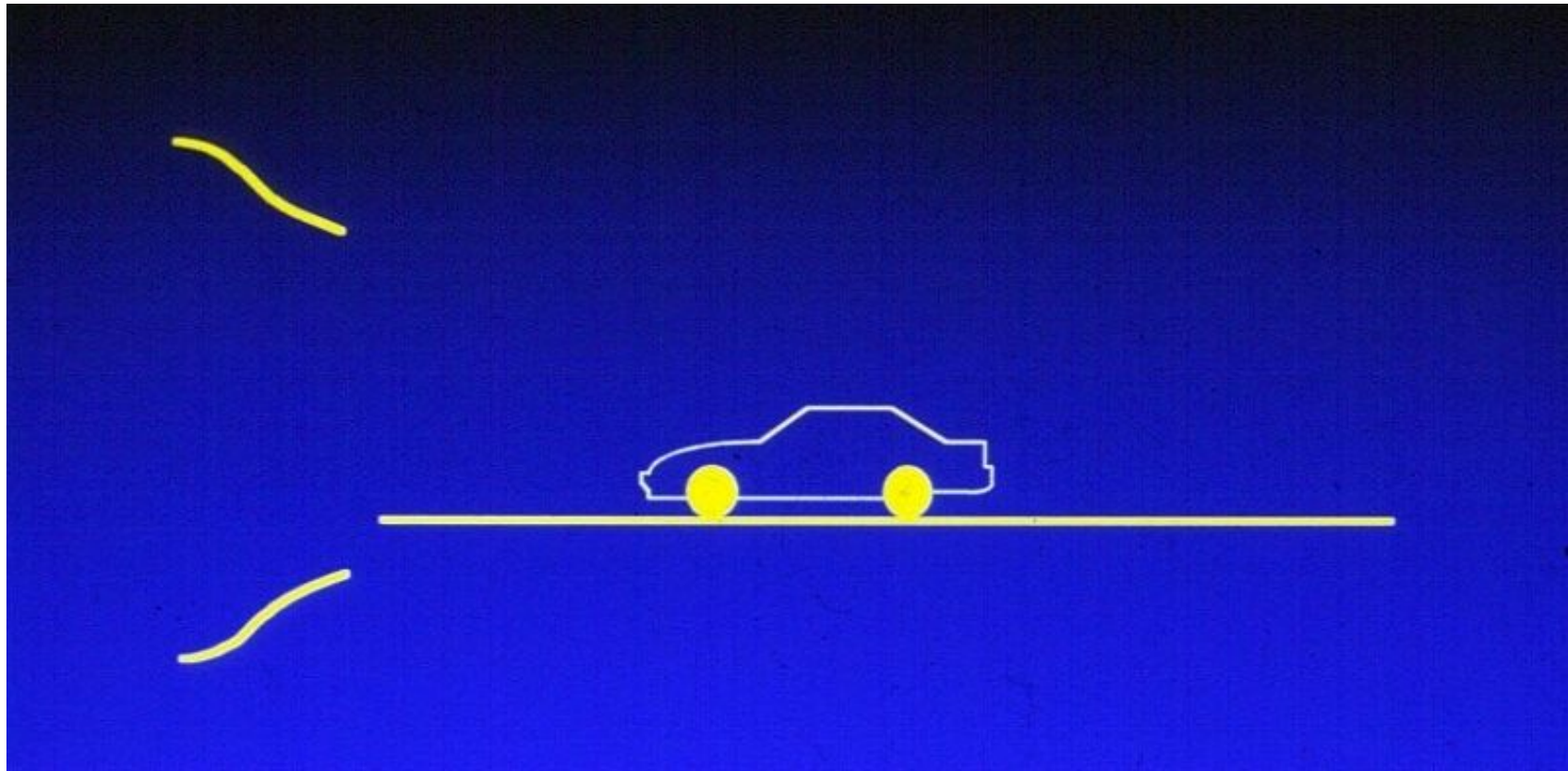




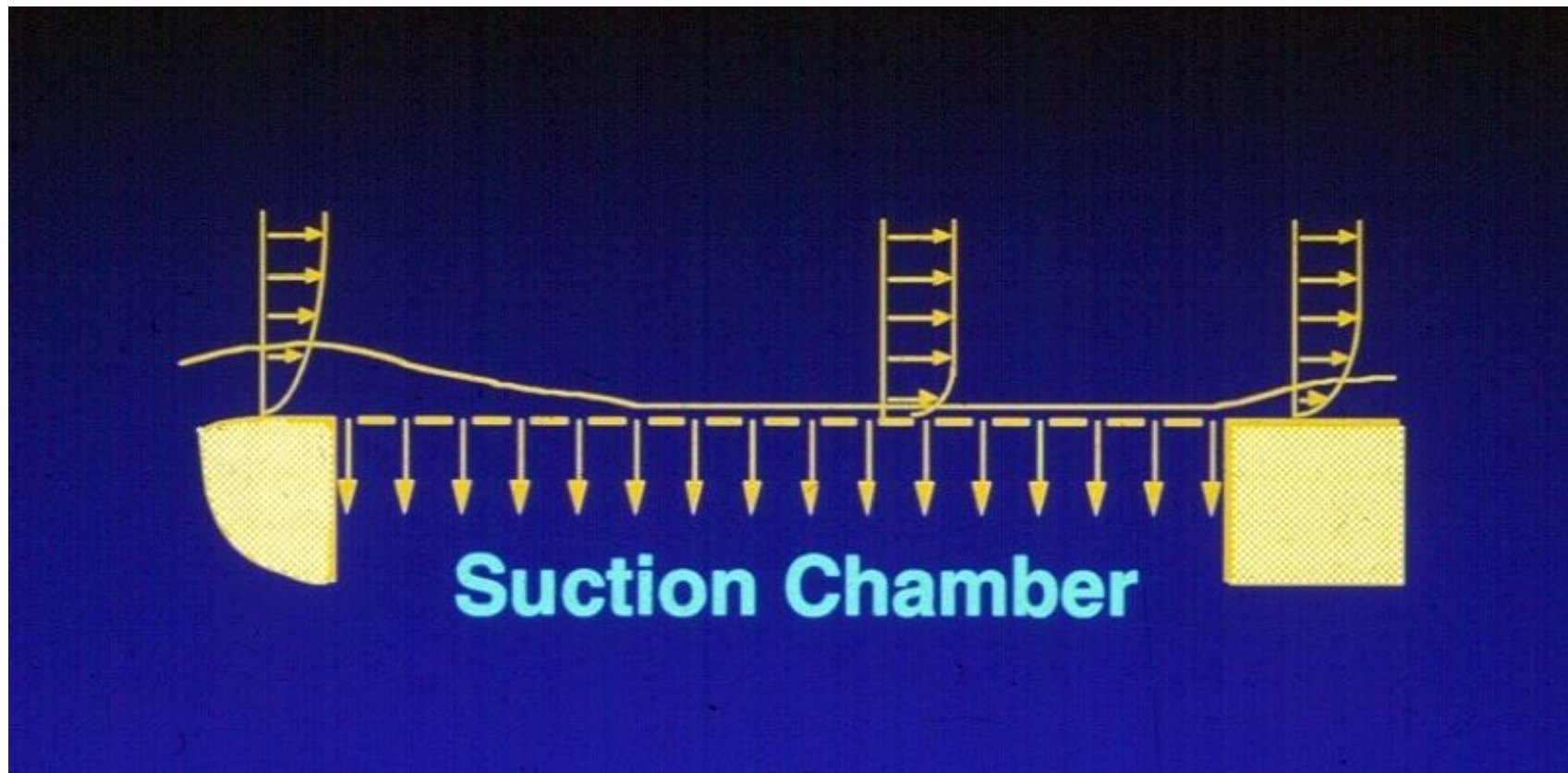
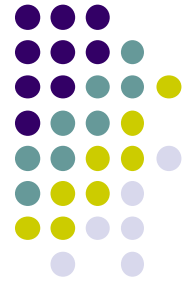
# Basic Suction



# Ground Board

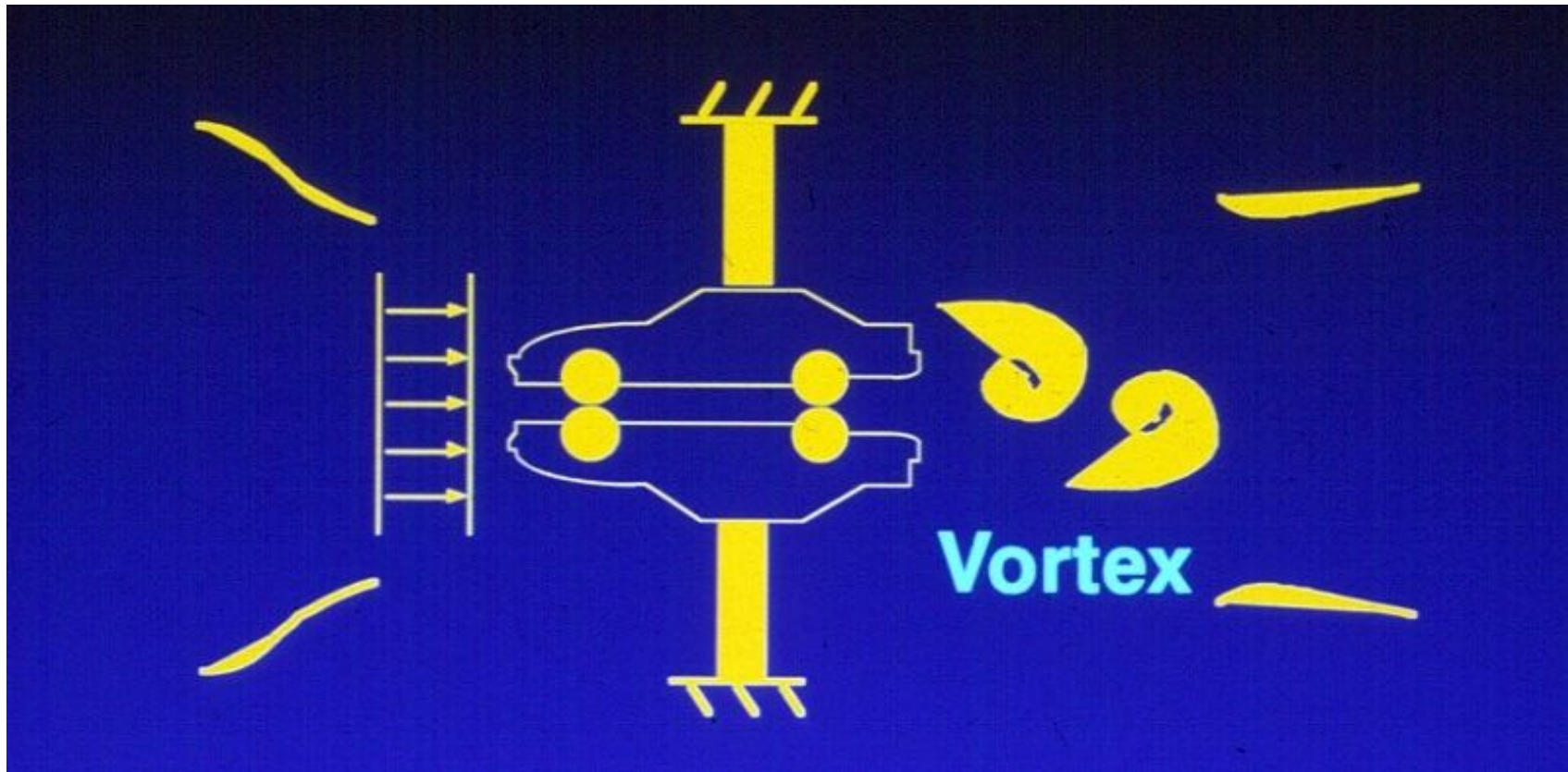
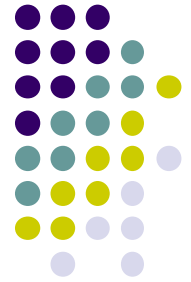


# Distributed Suction

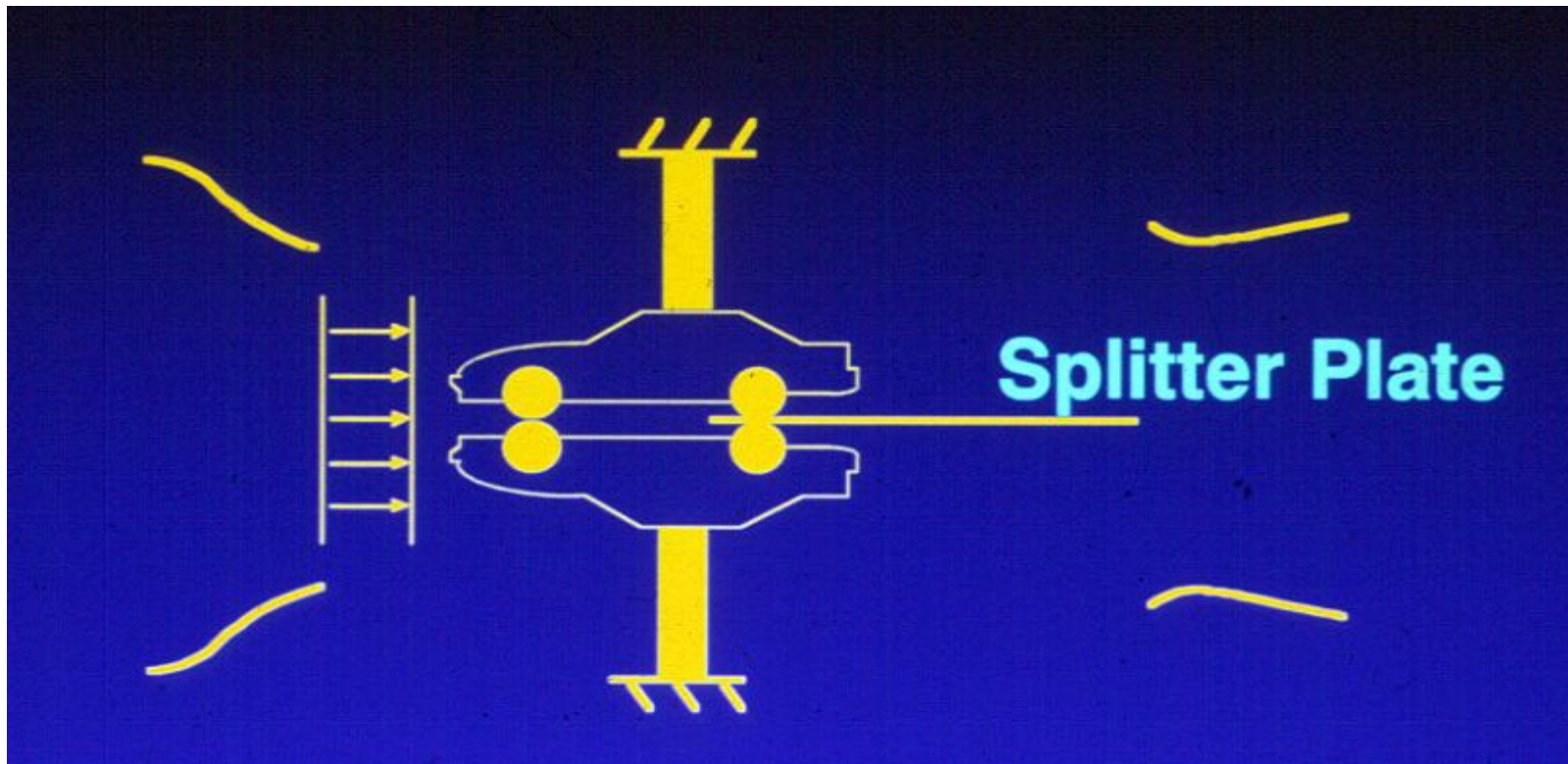
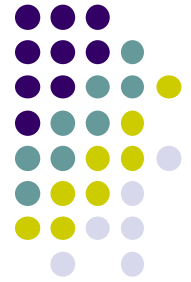




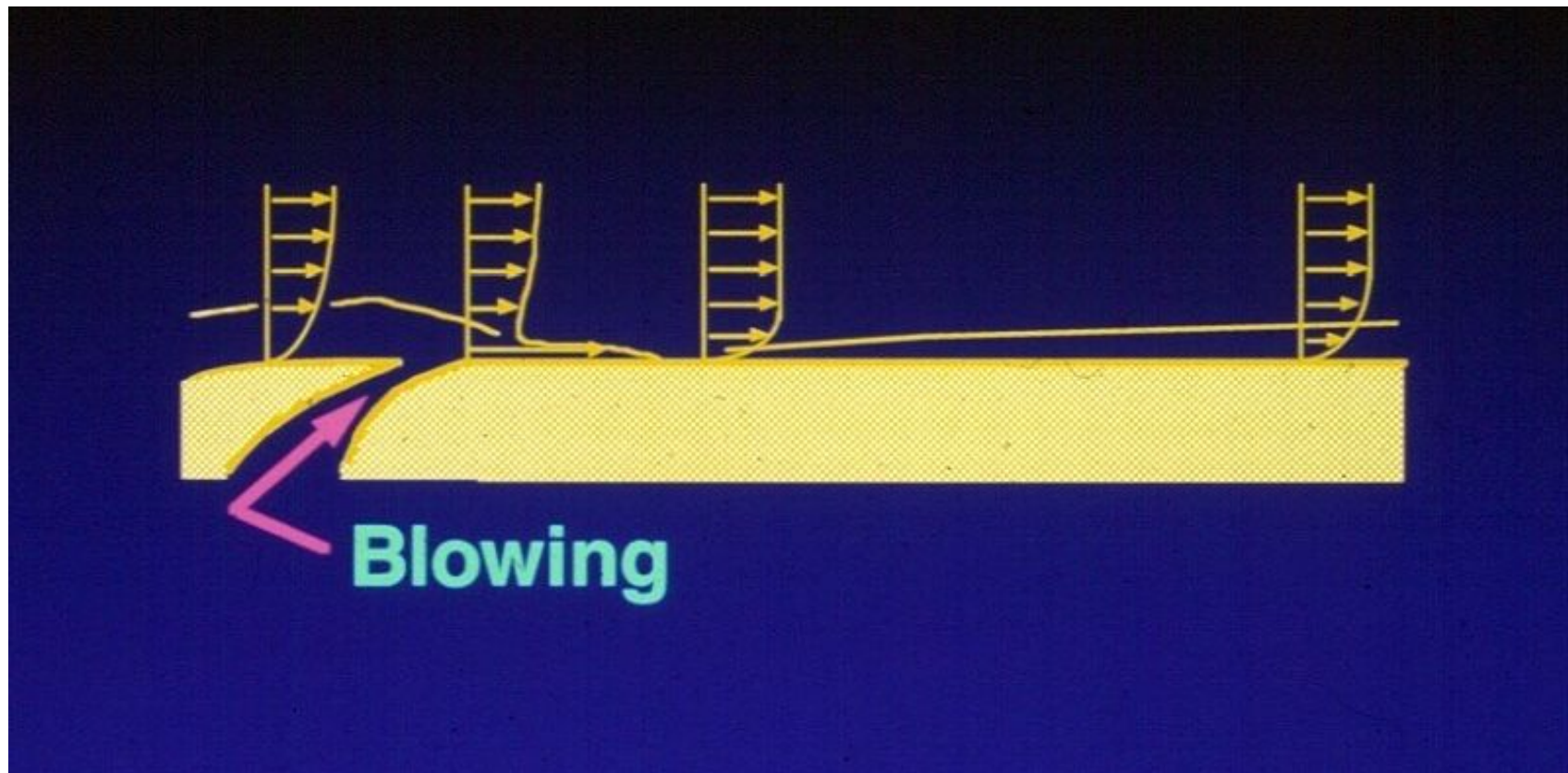
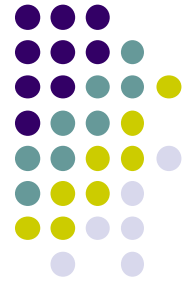
# Mirror Image



# Mirror Image with Splitter Plate

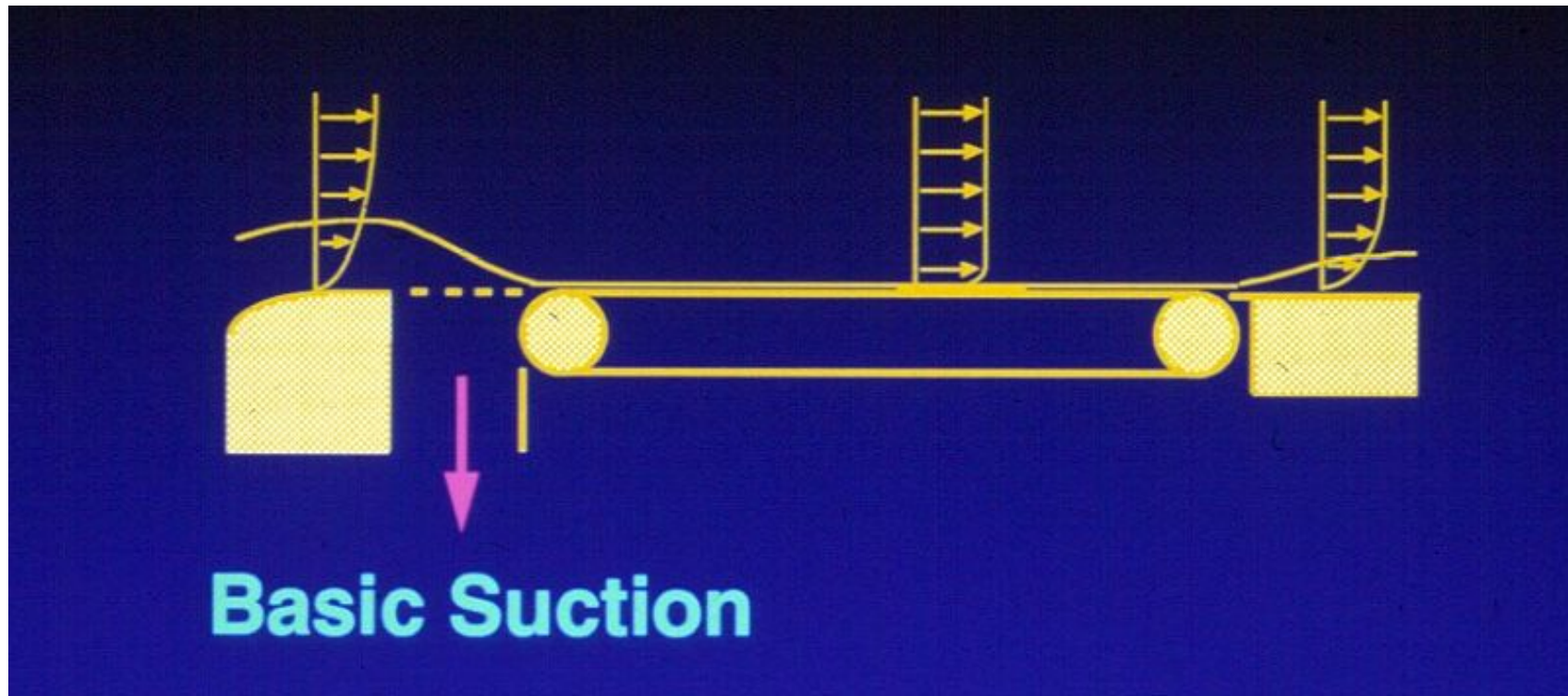
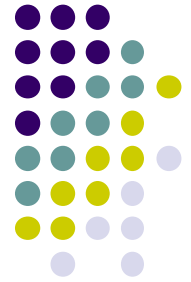


# Tangential Blowing

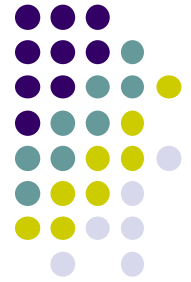




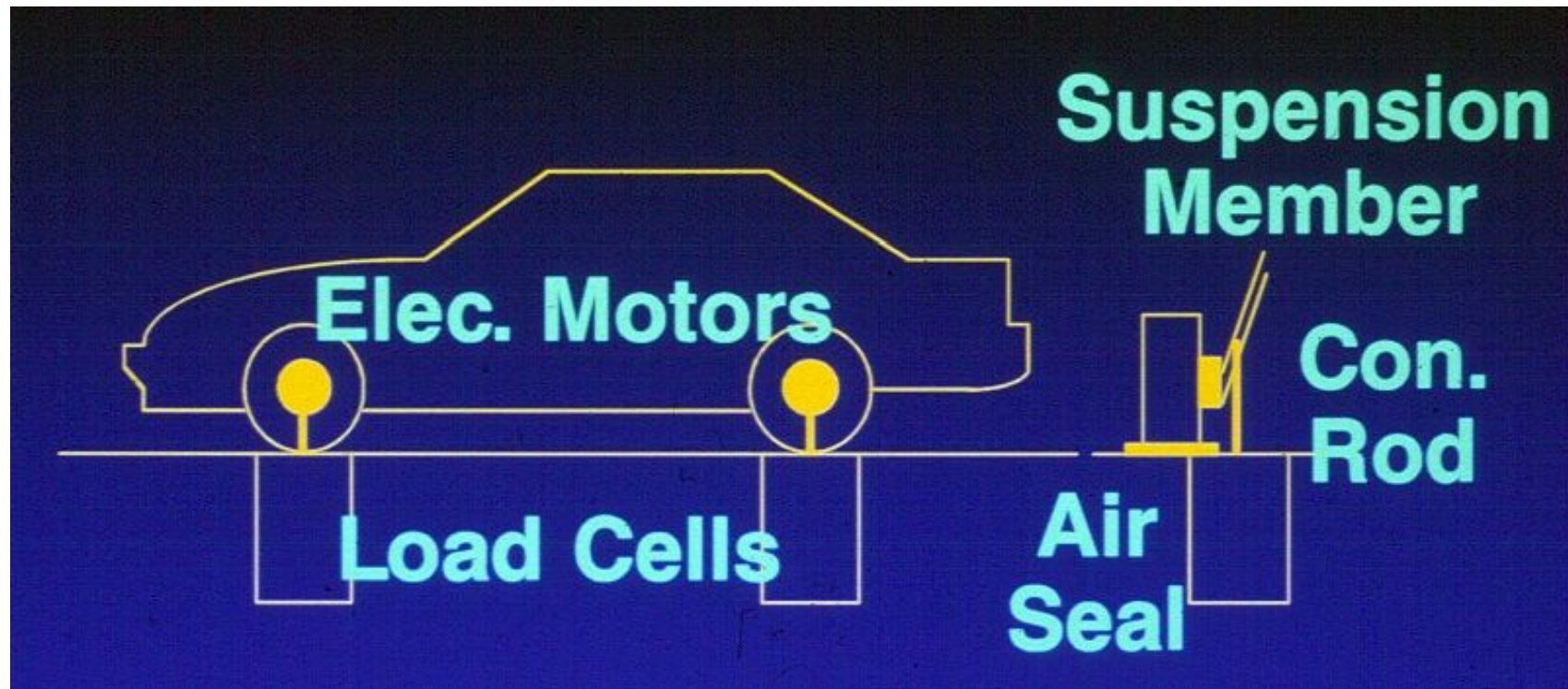
# Moving Belt



# 5-Belt Moving Belt



# タイヤ回転の与え方



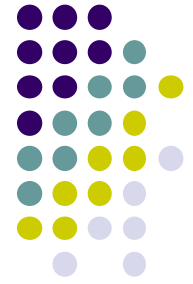


# DNW のムービングベルト

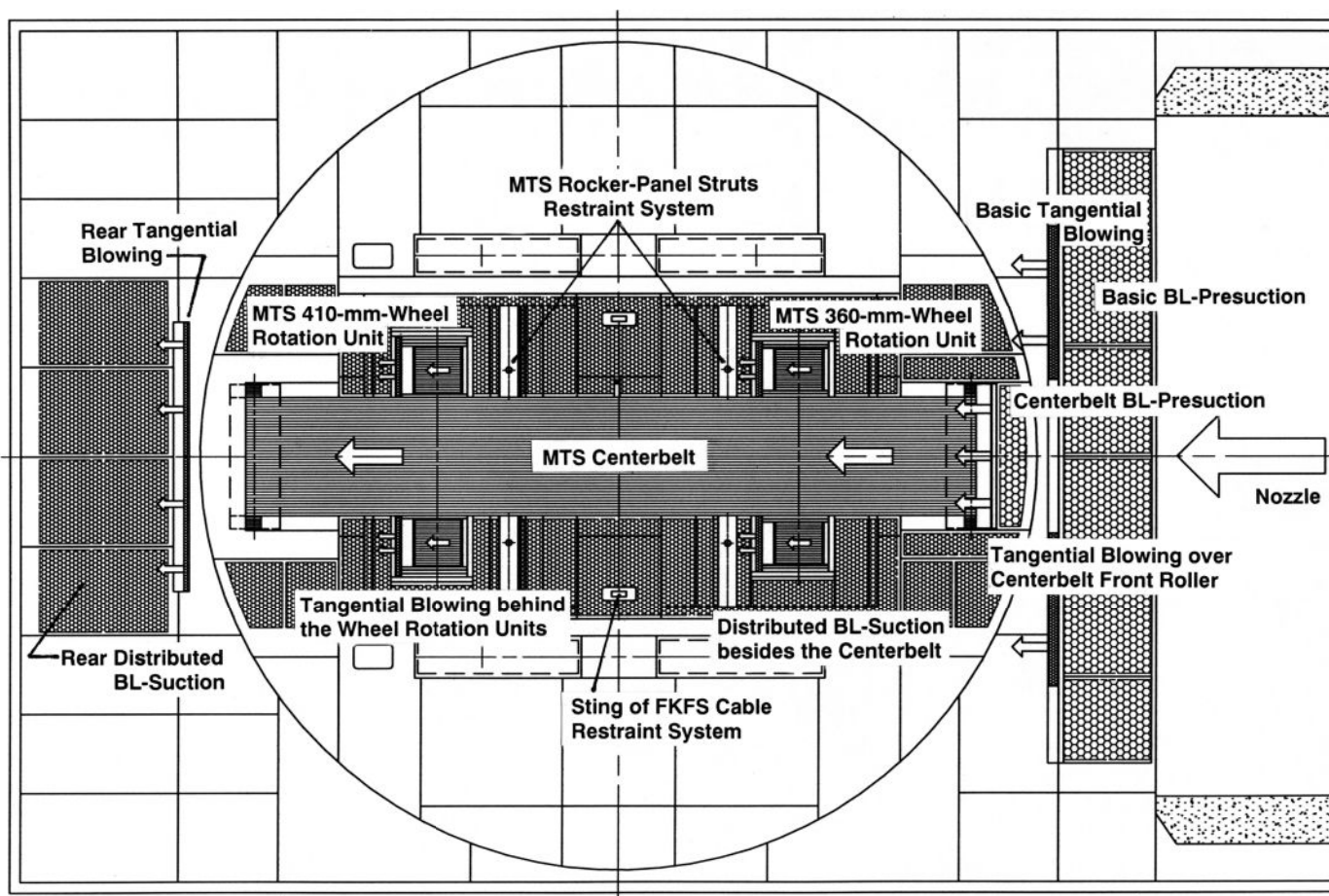




# IAT の5ベルト

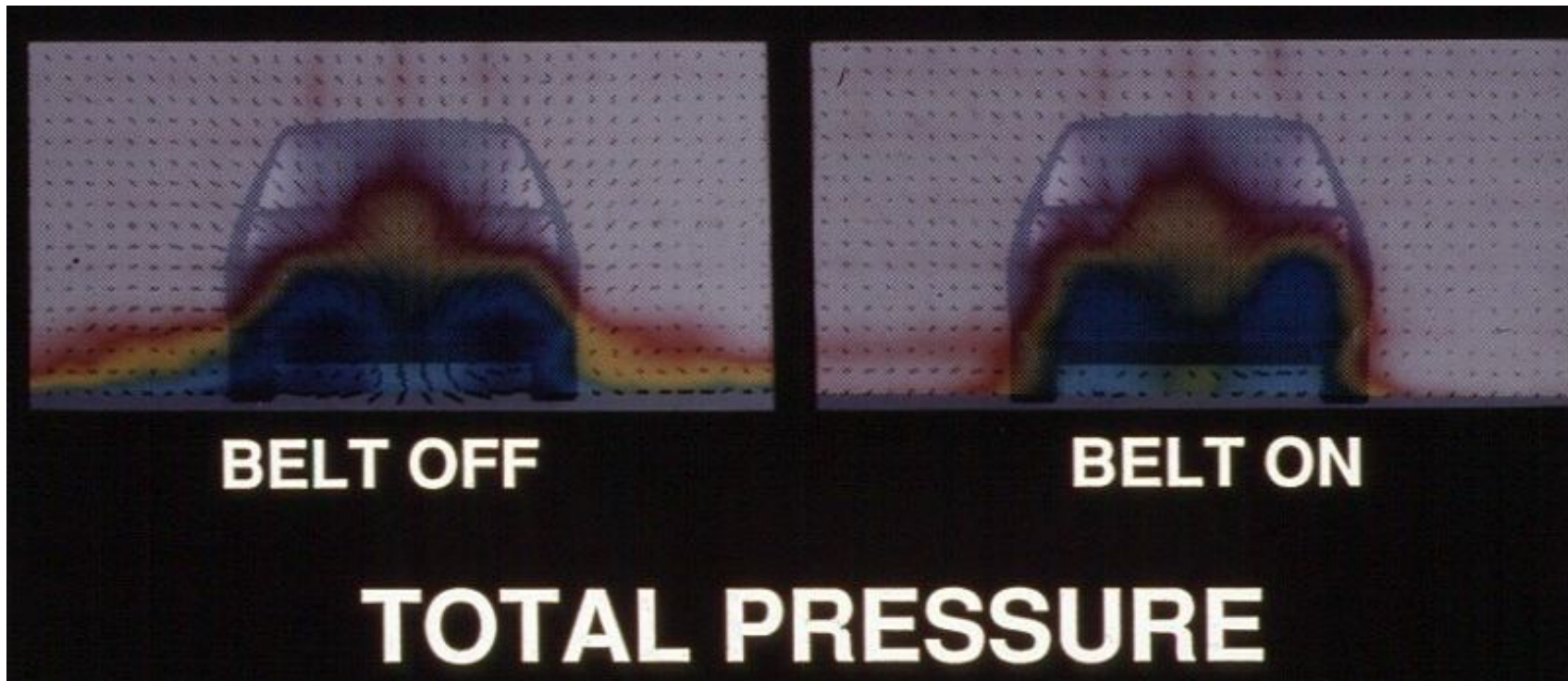
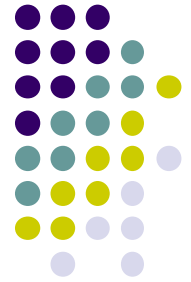


# IVK風洞のベルト配置

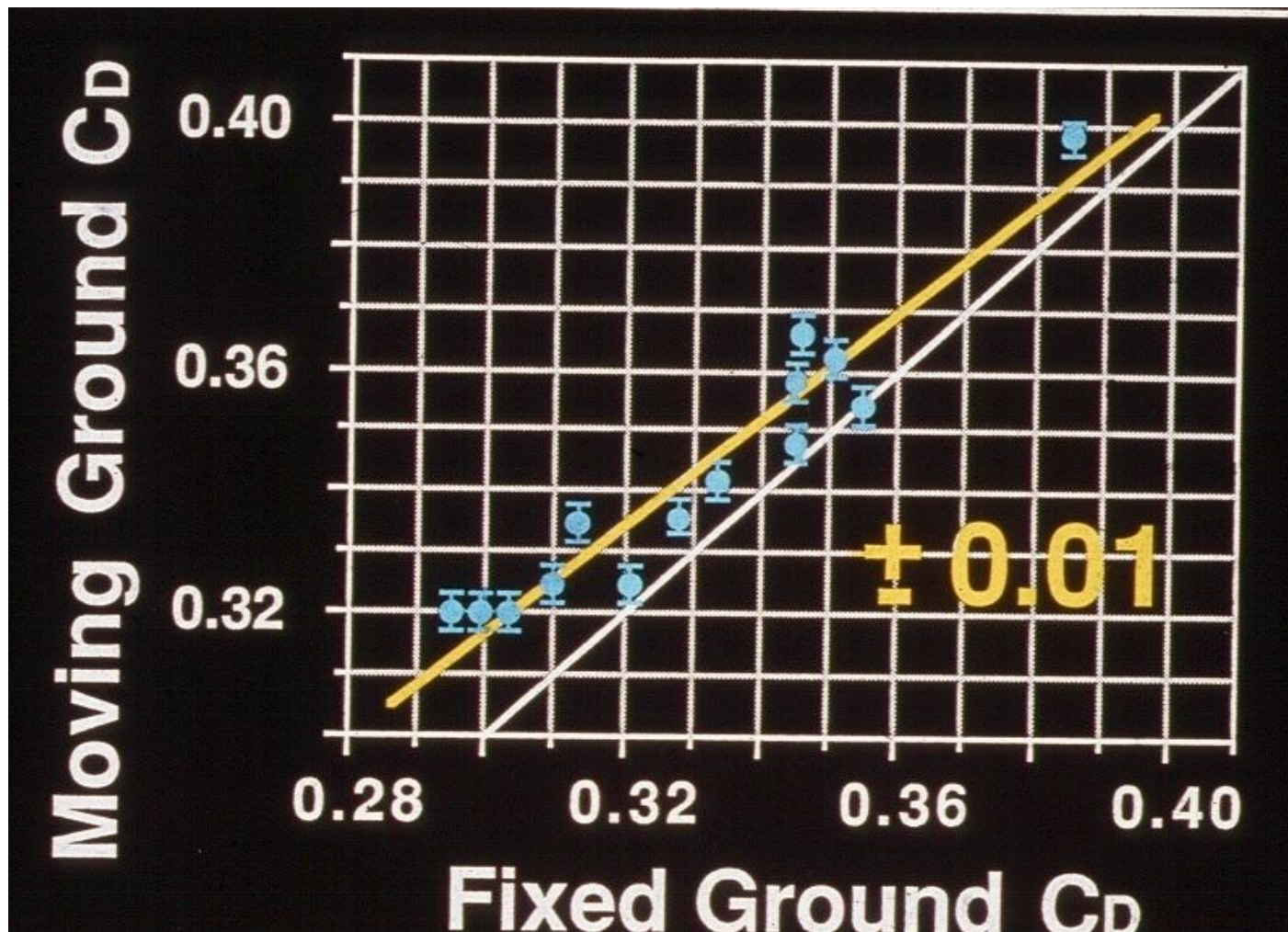




# ムービングベルトの効果(1)

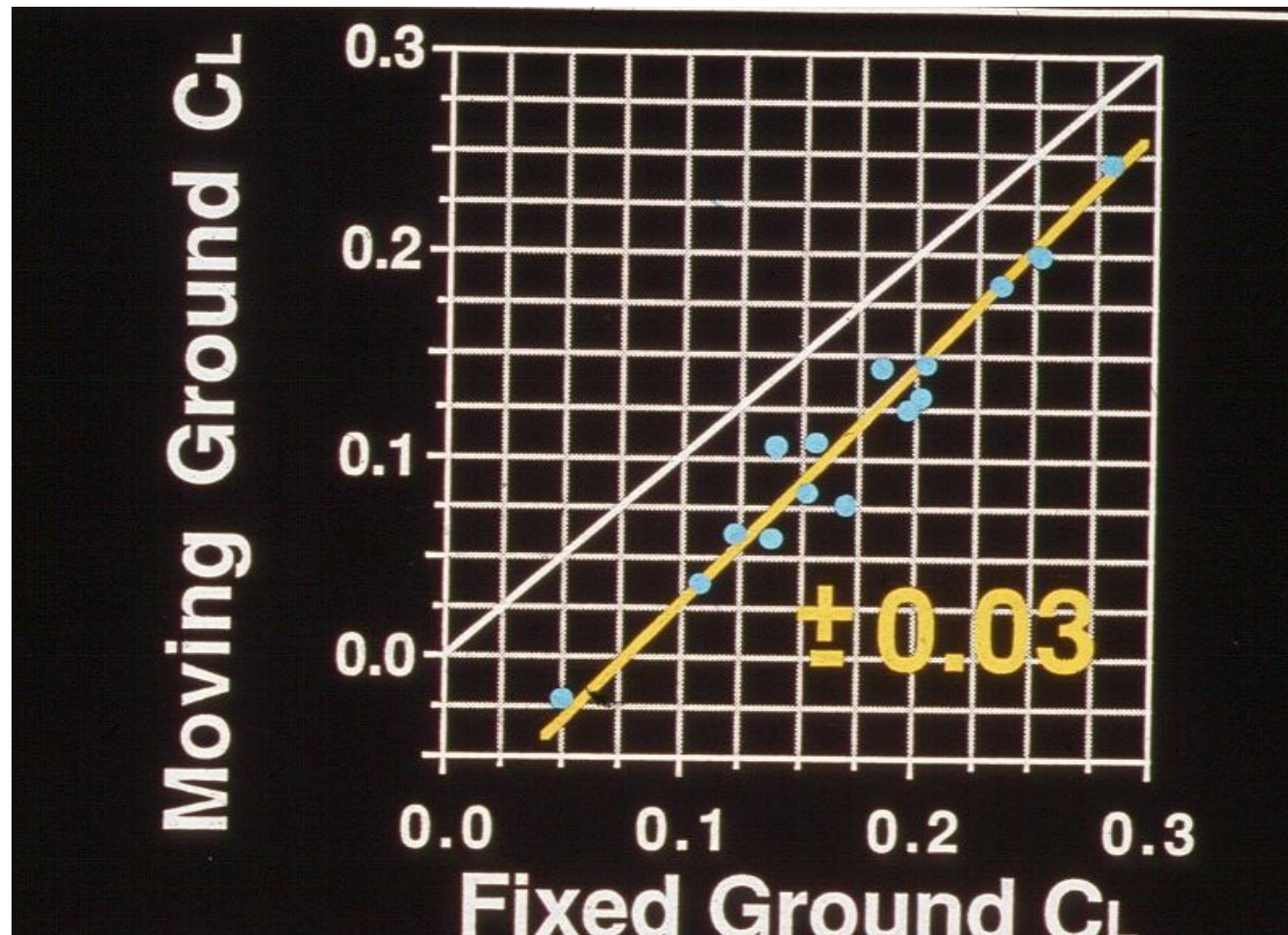


## ムービングベルトの効果(2)

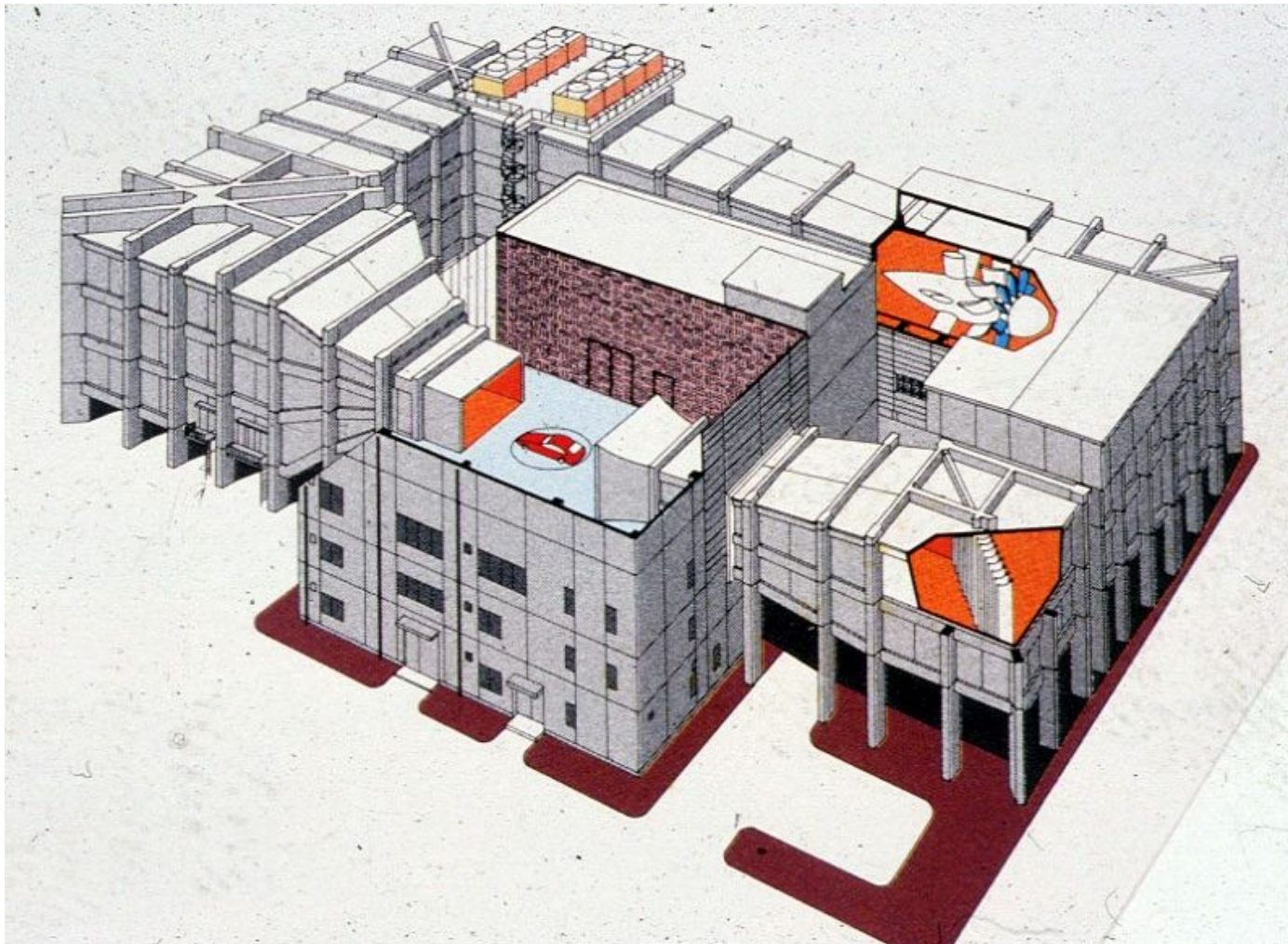
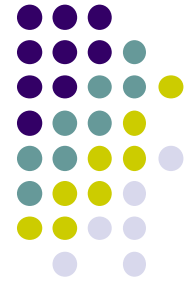




## ムービングベルトの効果(3)

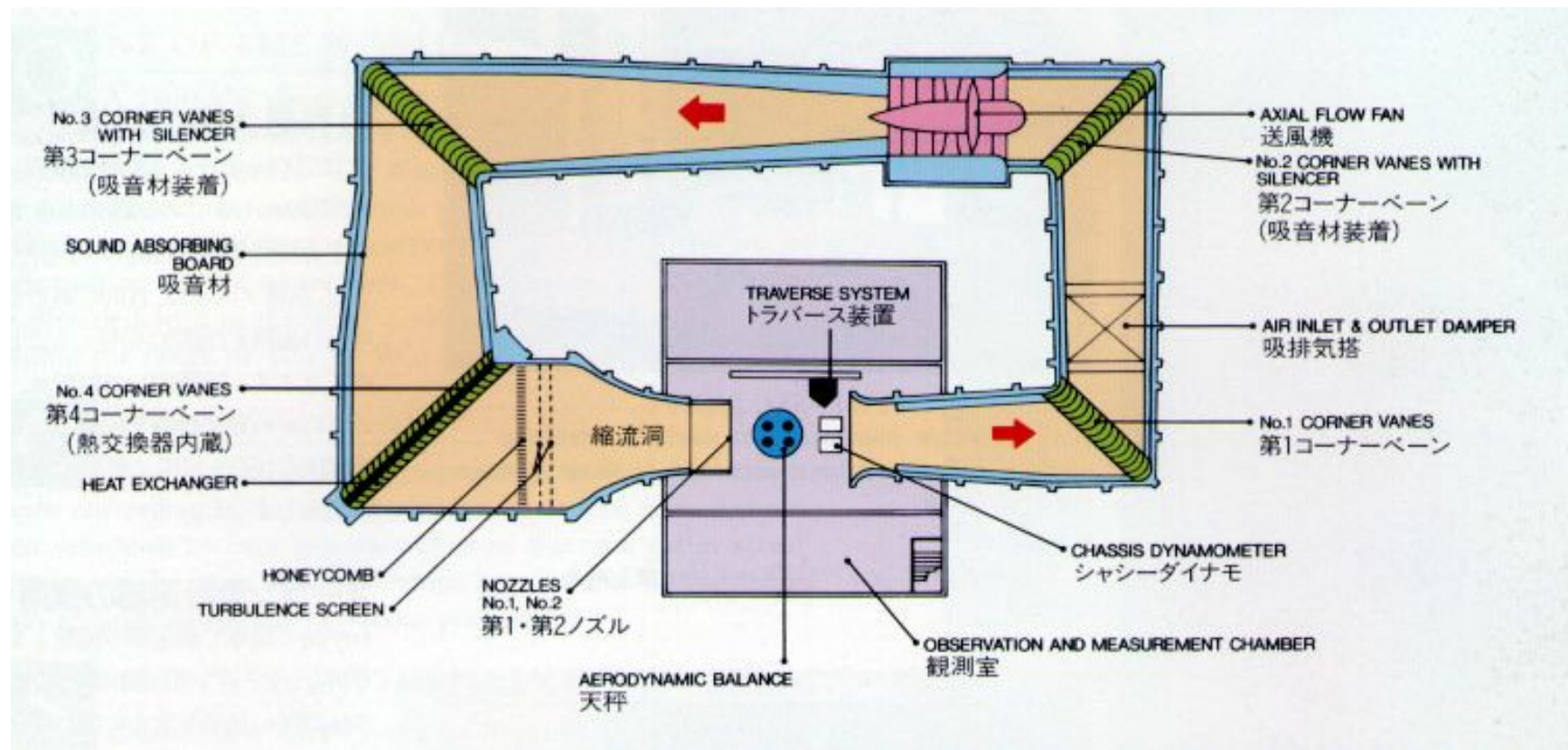


# 世界初の低騒音自動車風洞 (1)

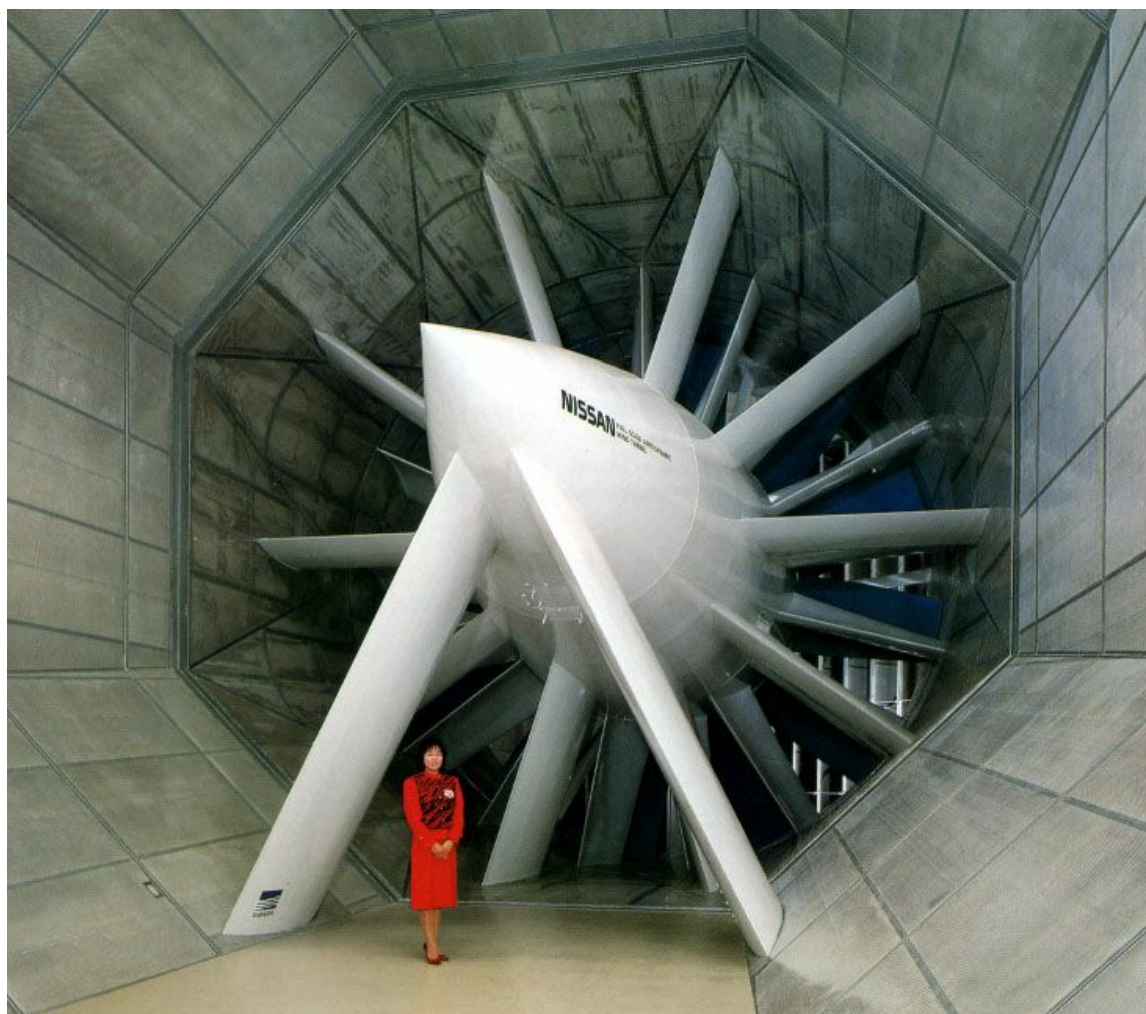




# 世界初の低騒音自動車風洞 (2)



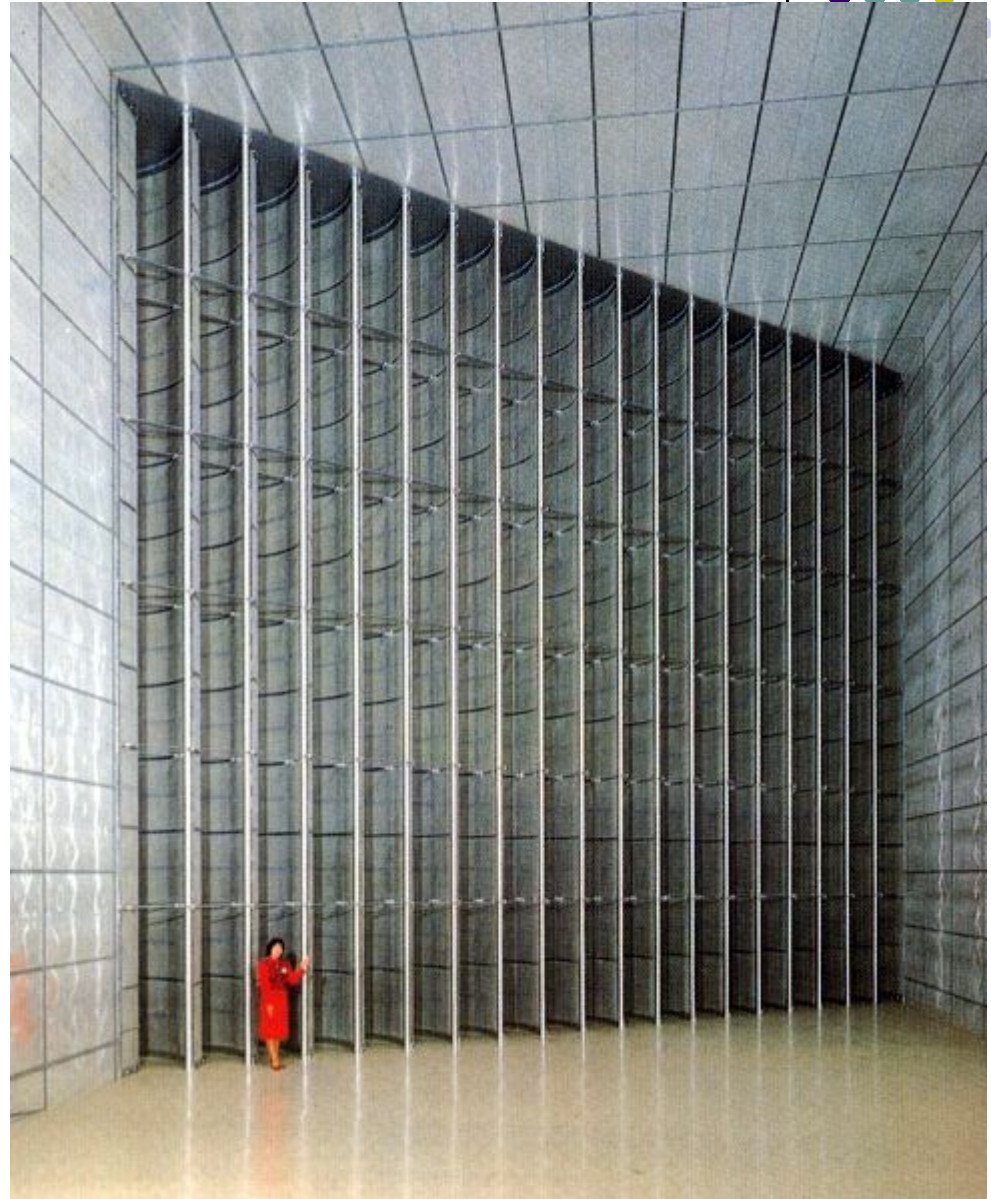
# 世界初の低騒音自動車風洞 (3)







# 世界初の低騒音 自動車風洞 (4)



# 世界初の低騒音自動車風洞 (5)



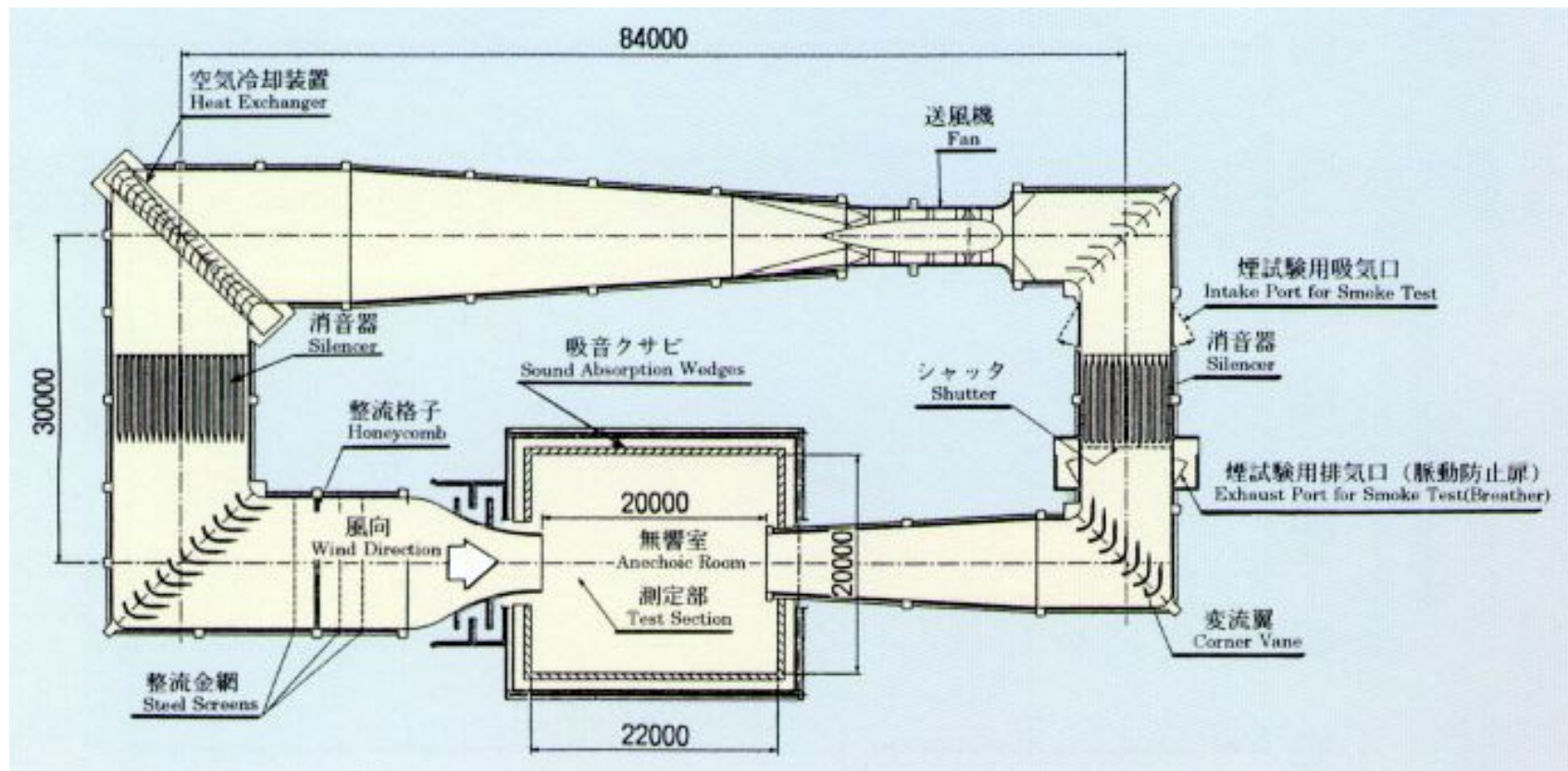
# 低騒音風洞の技術



- 低騒音送風機
- 天井・壁・床の吸音
- コーナーベーンにおける吸音
- 半無響室化した測定部
- 特別な消音装置
- 特殊な吸音材
- **Active Noise Control**



# JR 総研の風洞 (1)





# JR 総研の風洞 (2)

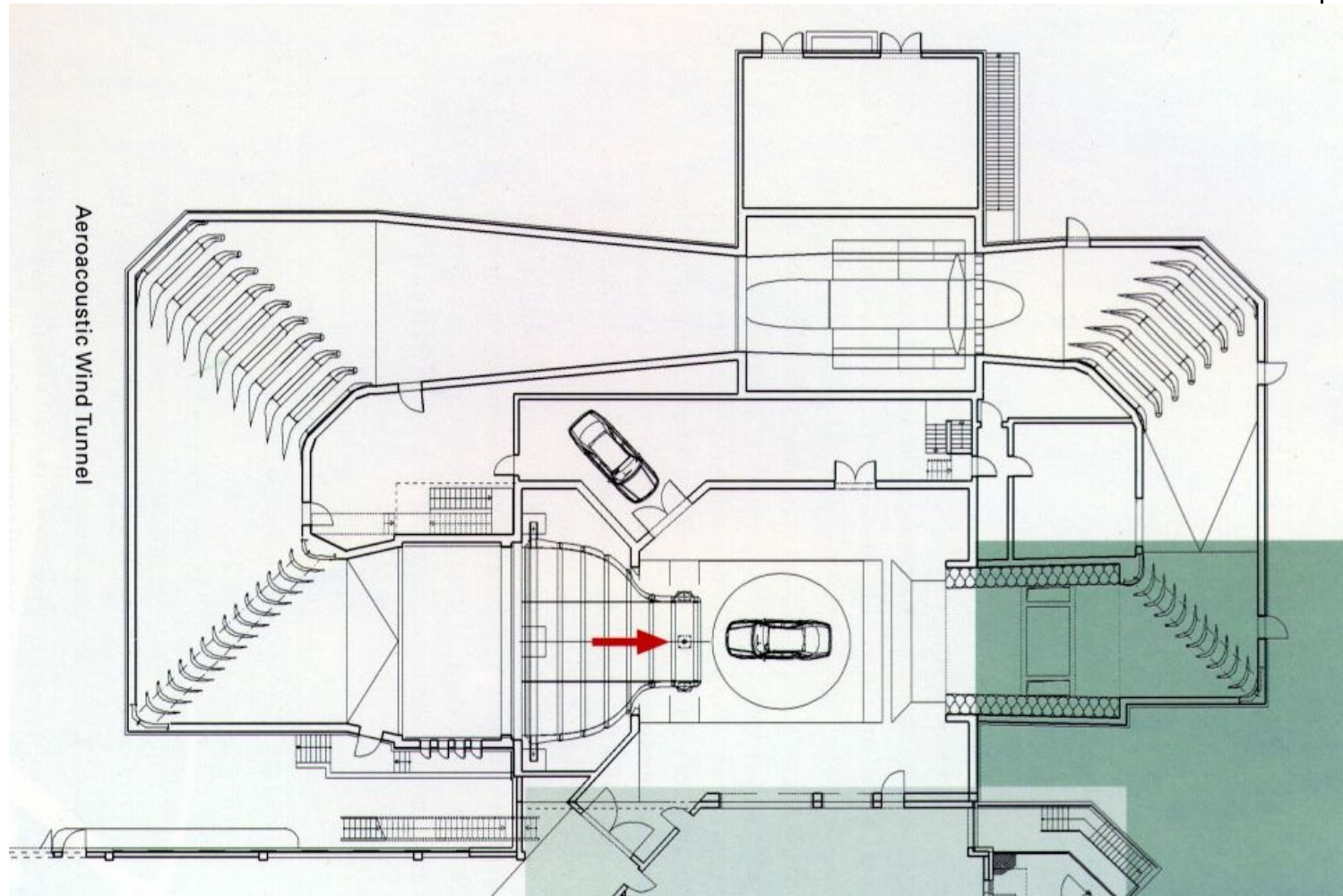
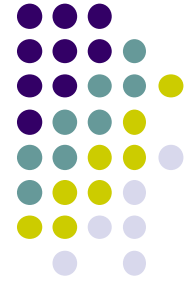


# AUDI風洞(1)





# AUDI 風洞(2)

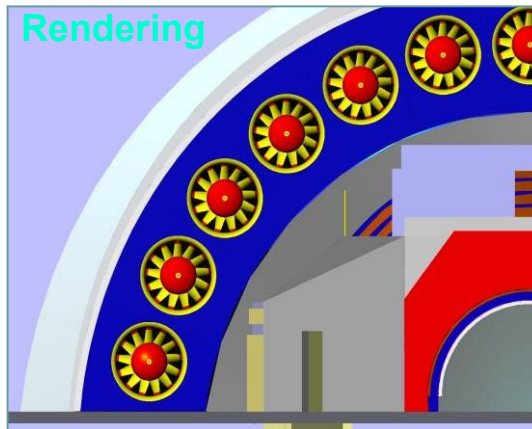
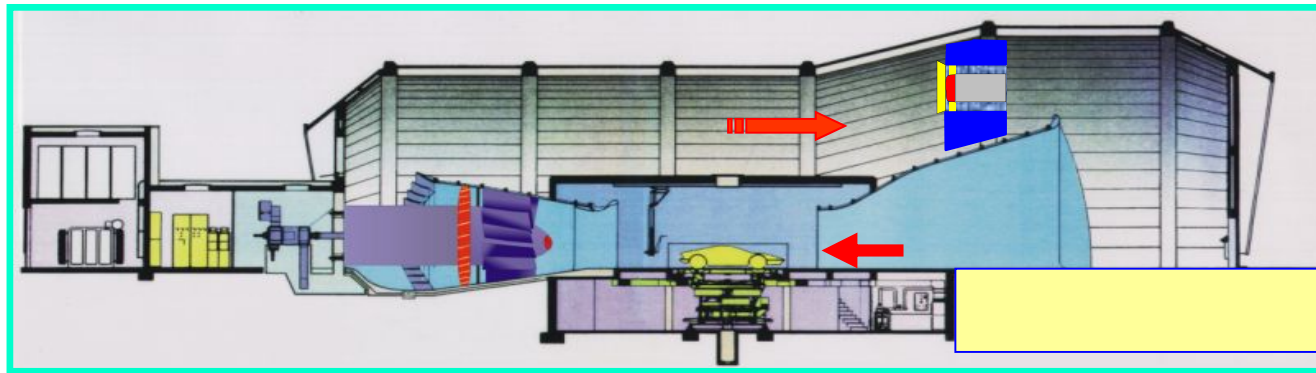


# 既存風洞の低騒音化(1)

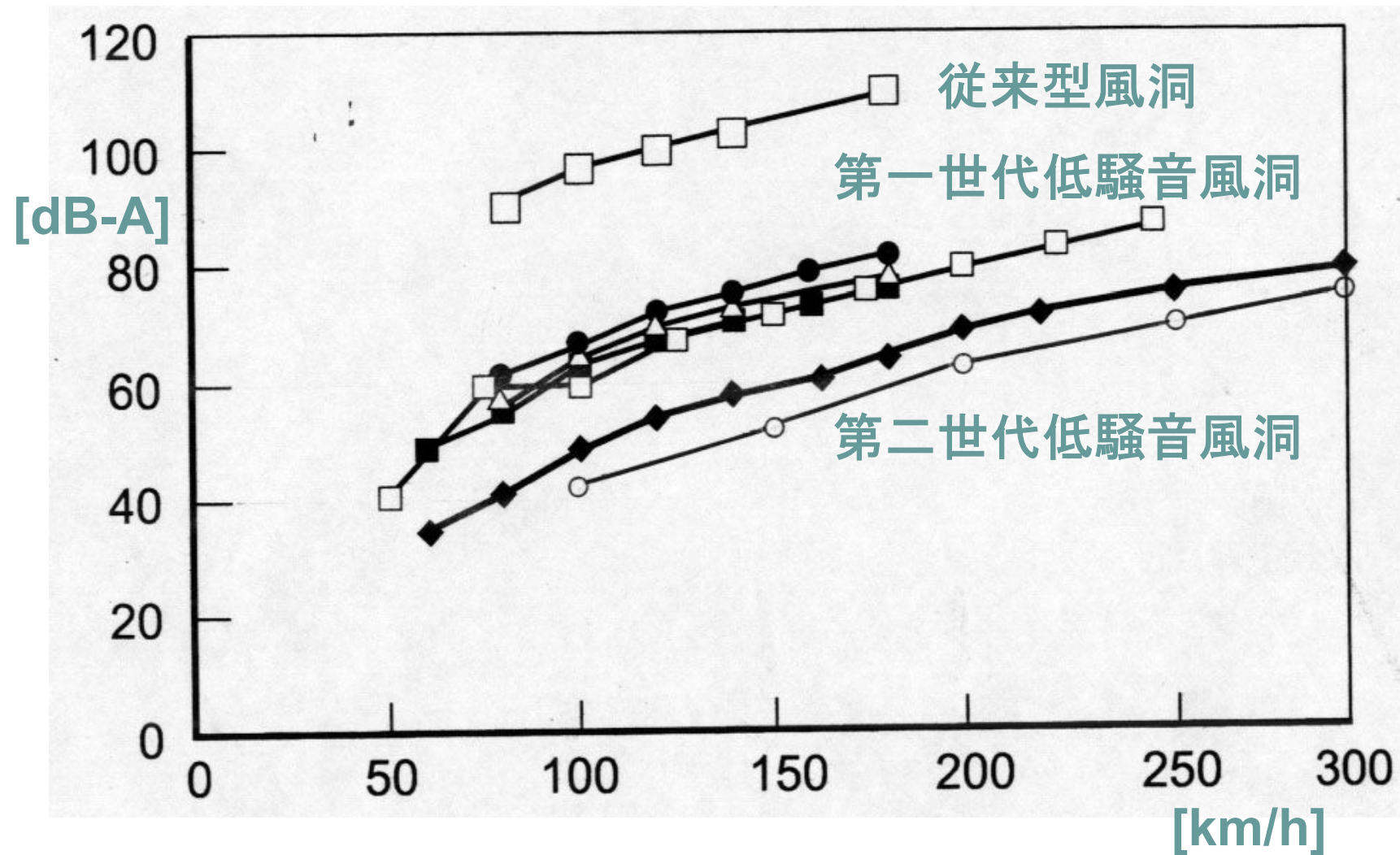
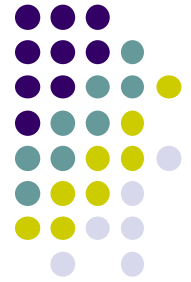




## 既存風洞の低騒音化(2)



# 暗騒音レベルの比較



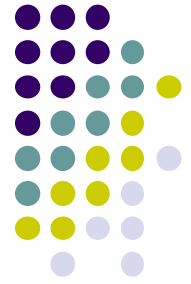
# 第二世代低騒音風洞



- 低騒音性能が第一世代より約**10dB**低い
  - 特殊吸音材(柔毛材)
  - **Active noise control**
- 実車用ムービングベルトを装備
  - 騒音測定するときには使わない
- ブロッキング比や最大風速は必要十分



# まとめ



- ゲッチングン型とエッフェル型が代表的な風洞の形式
- 自動車用風洞に特有の技術その一は低騒音化
  - 既存風洞の低騒音化も行われている
- 自動車用風洞に特有の技術その二はムービングベルト
  - フルベルト
  - 5ベルト