

# Wiperless Automobile

-와이퍼가 없는  
자동차 앞 유리의 최적설계

---

Team : V.O.C

2004007898 한보석

2007004887 박현철



# Contents

---

## 1. Introduction

- Purpose of the Design

## 2. Main Body

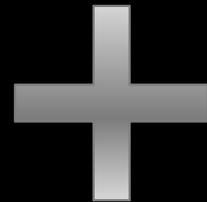
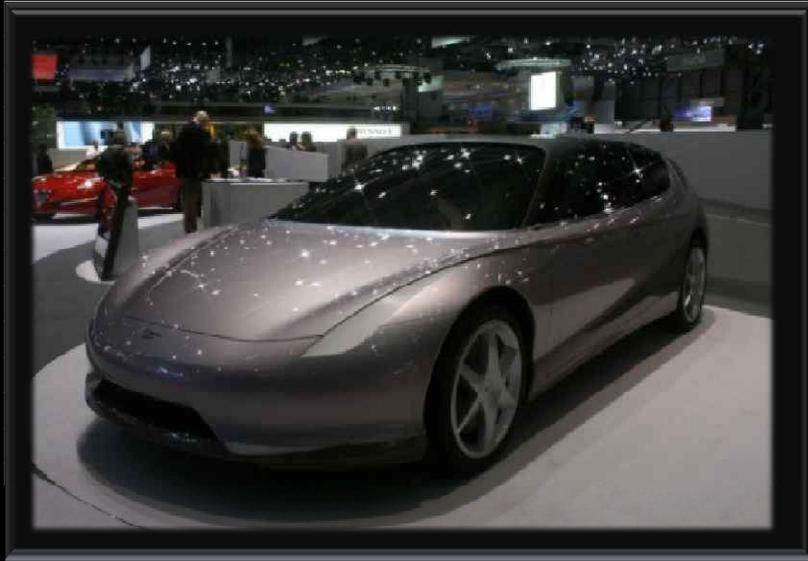
- Problem statement
- Data and information collection
- Design variables
- Objective function
- Constraints
- Graphical solution

## 3. Conclusion

- Summary & comments

# Introduction

## -Purpose of the Design

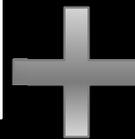


HYU SME

OPIMUM DESIGN PROJECT

# Introduction

-Purpose of the Design



## [ What's the Design Point? ]

- 폭우 속에서 와이퍼 없이 달릴 수 있는 자동차유리를 설계한다.
- 유체역학적으로 공기저항을 덜 받는 자동차유리를 설계한다.
- 자동차 속도와 자동차 유리 각도 사이의 관계를 찾는다.

## [ ASSUMPTION ]

- ① 표면처리는 Lotus effects를 활용한다.
- ② 물방울을 고체로 가정한다.
- ③ 바람은 차도에 수평으로 불어온다.
- ④ 위로 넘어가는 물방울만 고려한다.
- ⑤ 표준상태( $20^{\circ}\text{C}$ , 1기압)로 가정한다.
- ⑥ 유리의 너비와 길이는 그렌저의 길이를 사용한다.
- ⑦ 일정 범위 속도( $30\text{km/h}\sim 85\text{km/h}$ )와 일정 각도( $10^{\circ}\sim 45^{\circ}$ ) 사이에서 분석한다.

# Main Body

-Data and information collection

① 표면처리는 Lotus effects를 활용한다

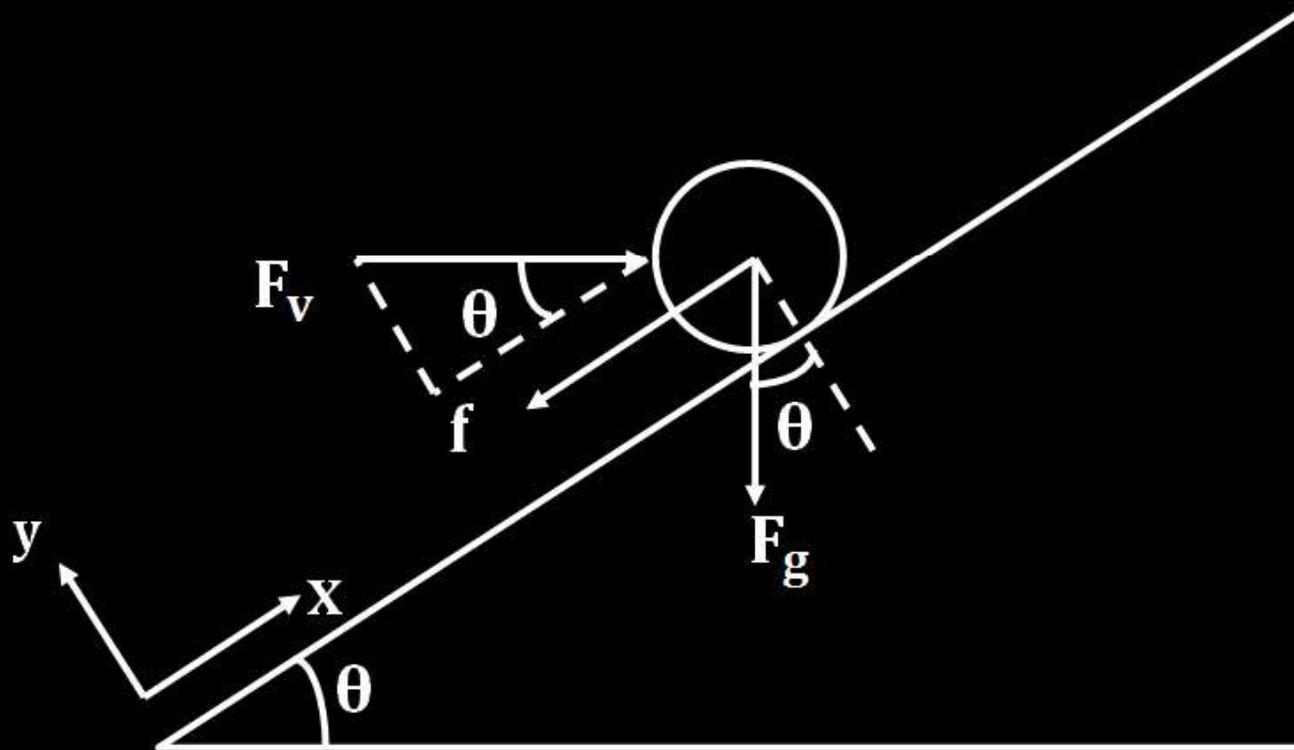


What is Lotus effects?

# Main Body

-Data and information collection

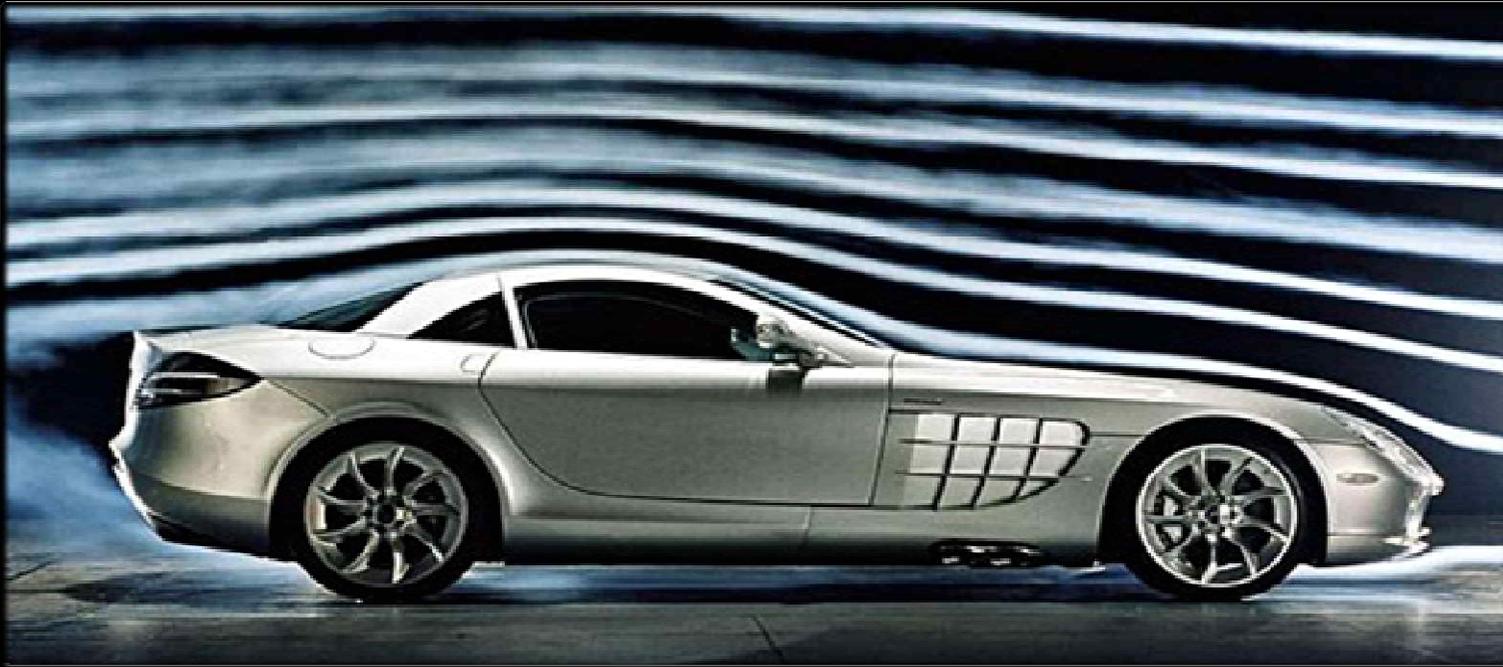
② 물방울을 고체로 가정한다. - 동역학적 해석



# Main Body

-Data and information collection

③ 바람은 차도에 수평으로 불어온다



# Main Body

-Data and information collection

[ 풍압력 by Bernoulli equation ]

$$\frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gh = \text{const.} \quad (\text{Bern. eq})$$

$$\frac{P_{atm}}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gh = \frac{P + P_{atm}}{\rho} + \frac{0^2}{2} + gh$$

$$P = \rho \frac{V^2}{2}$$

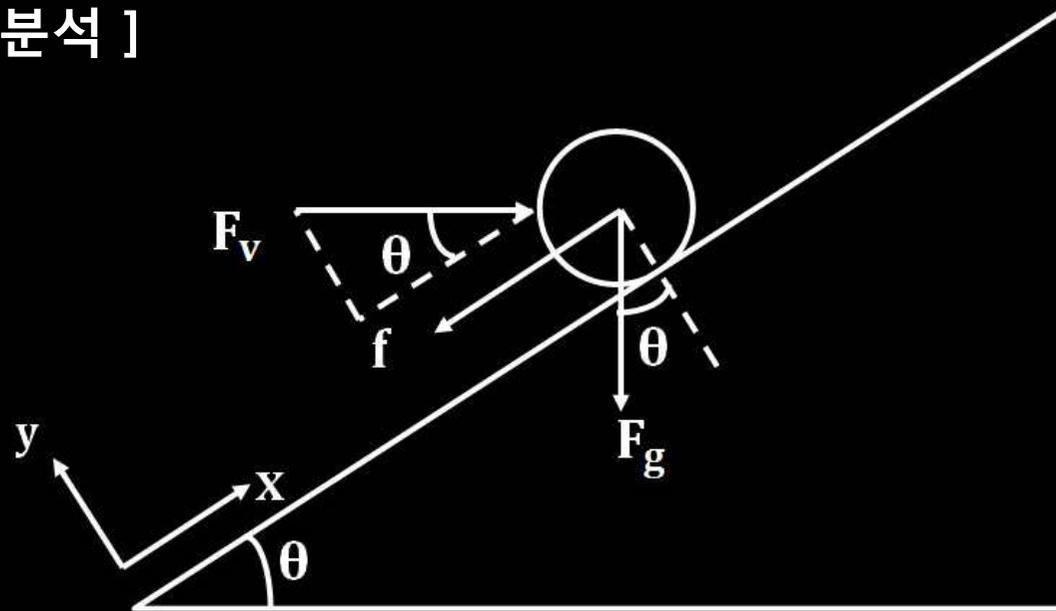
$$\Rightarrow \therefore F_V = PA = CA\rho \frac{V^2}{2}$$

$F_V$  : 풍압력  
 $C$  : 기하학적 형상에 따른 저항계수  
 $A$  : 바람을 직각으로 받는 판의 면적  
 $\rho$  : 공기밀도  
 $V$  : 풍속

# Main Body

-Data and information collection

## [ 동역학적 분석 ]



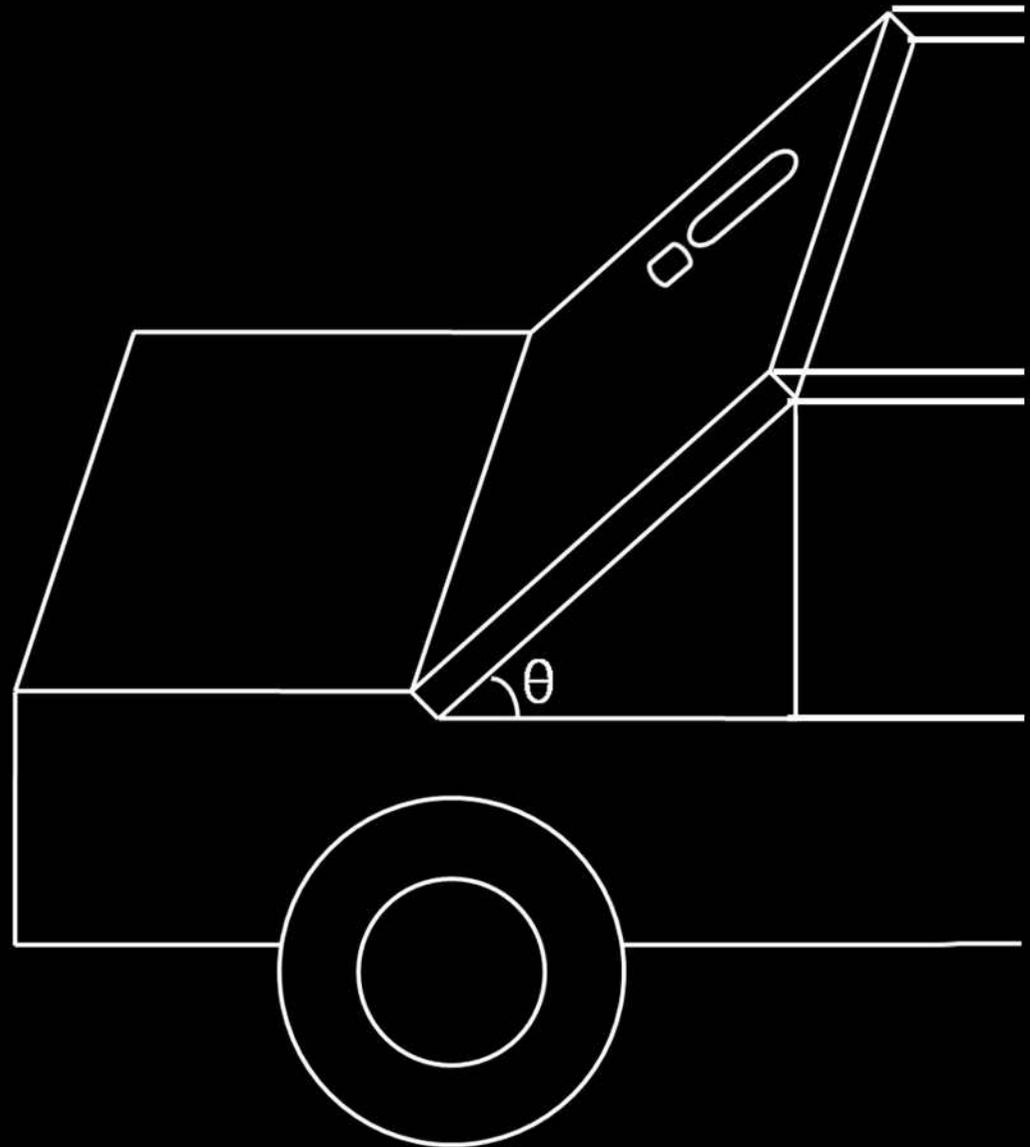
$$\begin{aligned} F_{net} &= (\text{풍압력}) - (\text{마찰력}) - (\text{중력}) \\ &= F_v \cos \theta - f - F_g \cos \theta \\ &= \left( CA \rho \frac{V^2}{2} \right) \cos \theta - \mu (mg \cos \theta + \left( CA \rho \frac{V^2}{2} \right) \sin \theta) - mg \sin \theta \\ &= \left( CA \rho \frac{V^2}{2} \right) (\cos \theta - \mu \sin \theta) - mg (\mu \cos \theta + \sin \theta) \end{aligned}$$

$$\left( \begin{array}{l} F_v : \text{풍압력} \\ F_g : \text{중력} \\ f : \text{마찰력} \end{array} \right)$$

# Main Body

- Design variables

- 풍속 :  $V$
- 자동차 각도 :  $\theta$



# Main Body

- Objective function

$$\begin{aligned} f(v, \theta) &= (\text{풍압력}) - (\text{마찰력}) - (\text{중력}) \\ &= F_v \cos \theta - f - F_g \cos \theta \\ &= \left( CA\rho \frac{V^2}{2} \right) \cos \theta - \mu (mg \cos \theta + \left( CA\rho \frac{V^2}{2} \right) \sin \theta) - mg \sin \theta \\ &= \left( CA\rho \frac{V^2}{2} \right) (\cos \theta - \mu \sin \theta) - mg(\mu \cos \theta + \sin \theta) \end{aligned}$$

$F_v$  : 풍압력

$\mu$  : 유리마찰계수(=0.1)

$\theta$  : 유리각도

$C$  : 기하학적 형상에 따른 저항계수

$A$  : 바람을 직각으로 받는 물방울의 면적

$\rho$  : 공기밀도

$V$  : 풍속

$$g1 : 10^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$$

$$g2 : F_v \cos \theta - f - F_g \sin \theta \geq 0$$

$$g3 : C \rho_{air} A_{car} \frac{V^2}{2} \leq 83.45 N (85 km / h, 45^\circ)$$

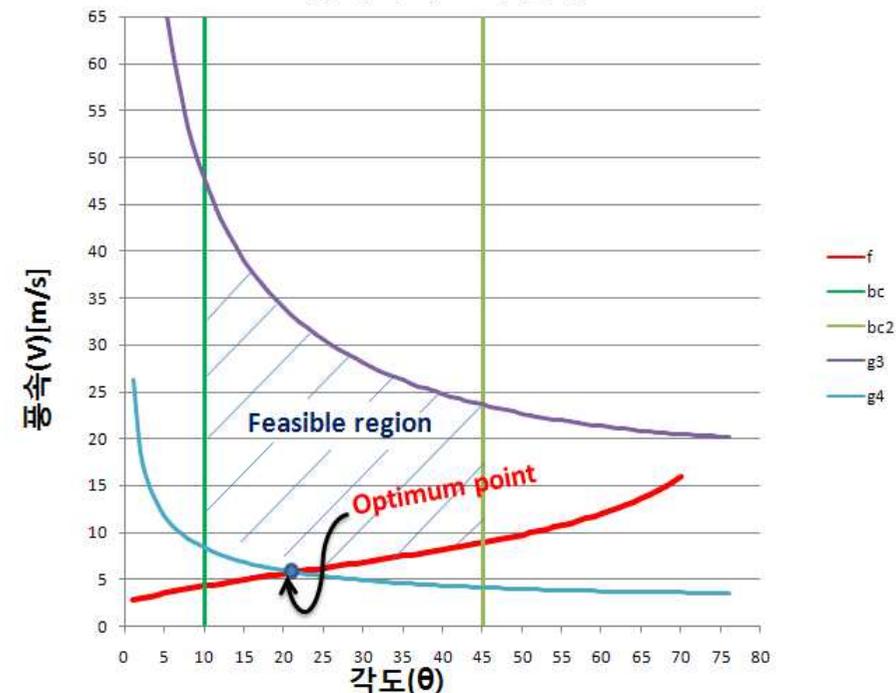
$$g4 : C \rho_{air} A_{car} \frac{V^2}{2} \geq 26.4 N (30 km / h, 10^\circ)$$

# Main Body

## - Graphical solution

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
물방울지름	d	0.002	m								
물방울밀도	$\rho(\text{water})$	998.2	$\text{kg/m}^3$				29.988	km/h	<<<<<<	8.33	m/s
파이	pi	3.141593			속도 변환	V	85	km/h	>>>>>>	23.61111	m/s
중력가속도	g	9.81			풍속	V	23.6111	m/s			
물방울질량	m	1.25E-05	kg		각도	$\theta$	45	degree	0.785398	rad	
물방울무게	mg	0.000123	N								
풍압력	저항계수	C	1								
	물방울단면적	A	3.14E-06	$\text{m}^2$							
	공기밀도	$\rho(\text{air})$	1.205	$\text{kg/m}^3$							
	풍압력	$F_v$	0.001055	N							
		$F_v(\cos\theta)$	0.000746	N							
마찰력	유리마찰계수	$\mu$	0.1								
	수직항력	N	0.000833								
	마찰력	f	8.33E-05	N							
액면	중력	$F_g$	0.000123	N							
		$F_g(\sin\theta)$	8.7E-05	N							
		Net force	0.00058	N							

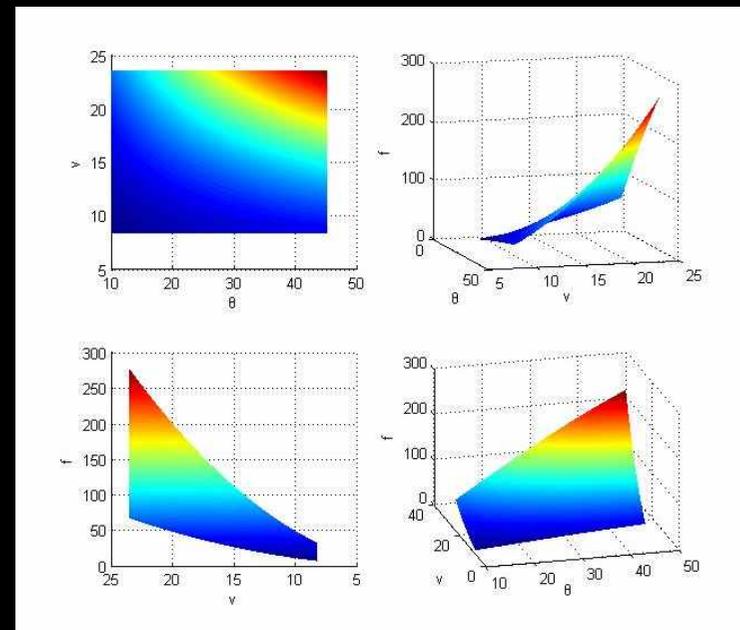
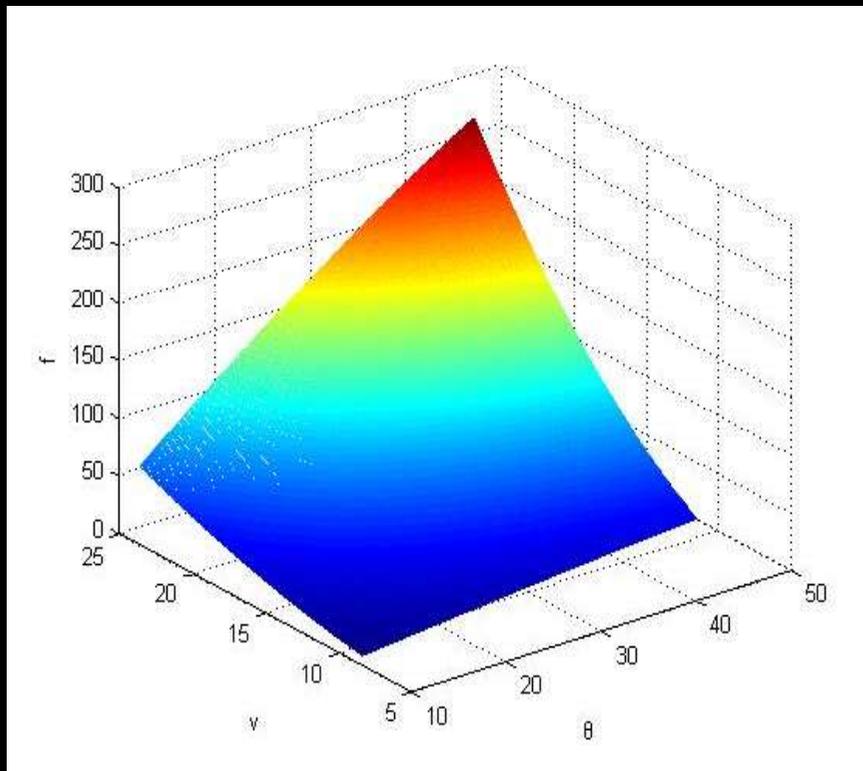
풍속과 각도의 관계



# Main Body

- Graphical solution

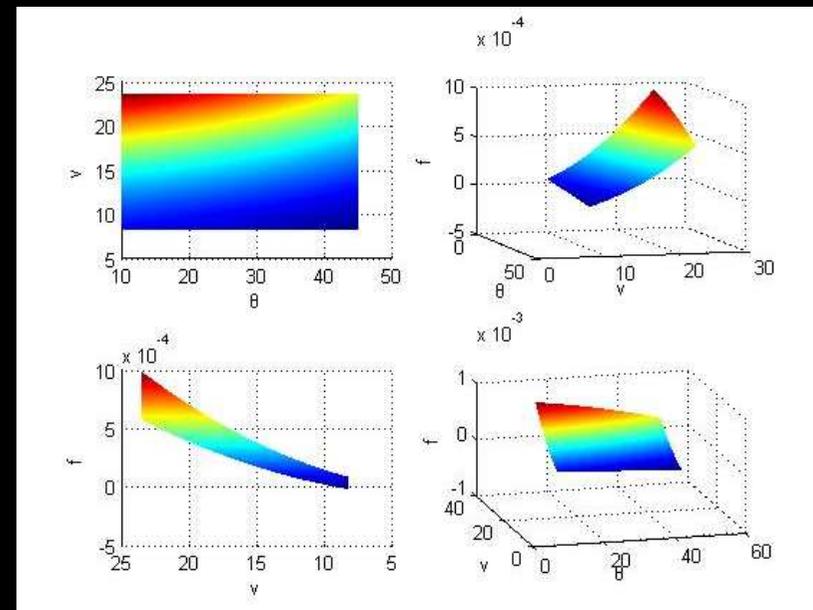
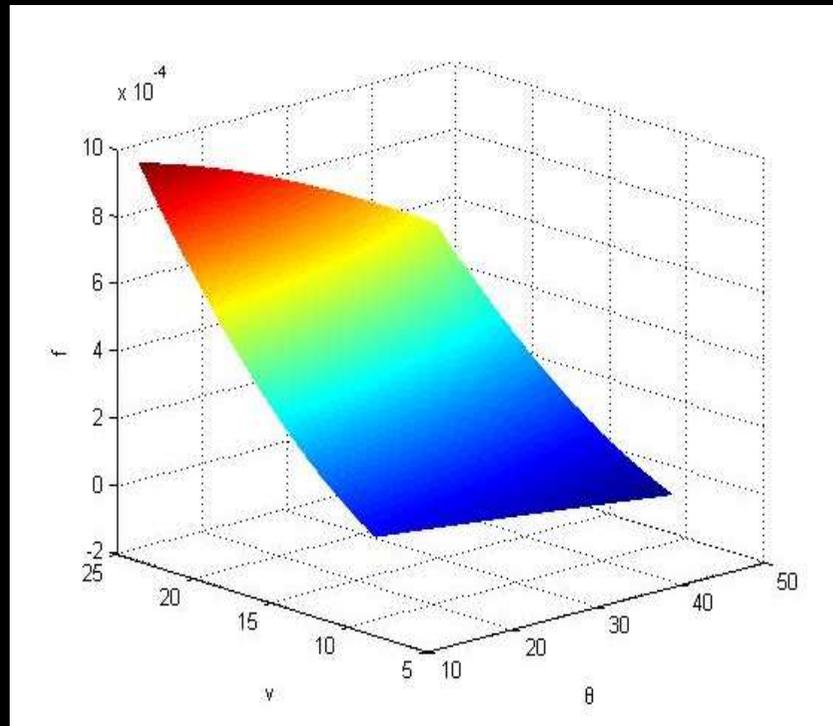
[ 풍압력 ]



# Main Body

- Graphical solution

[ Net Force ]

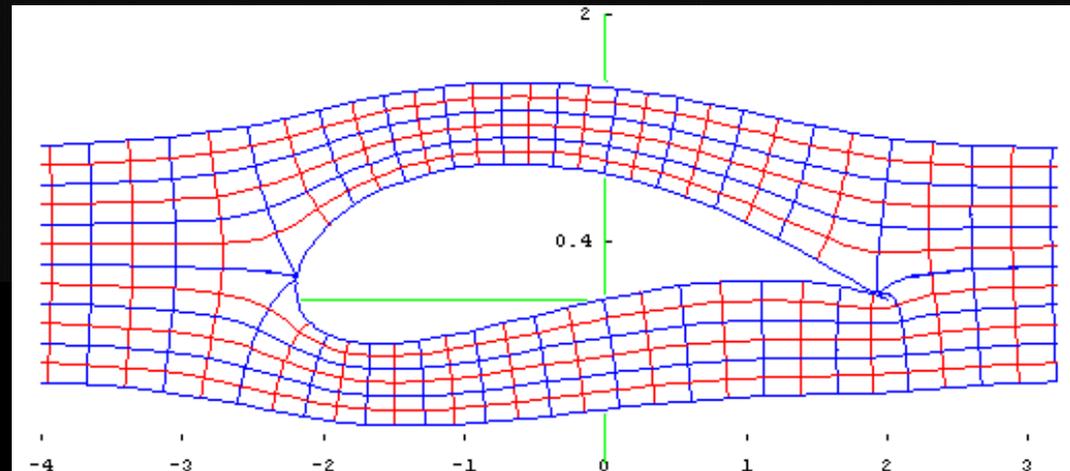
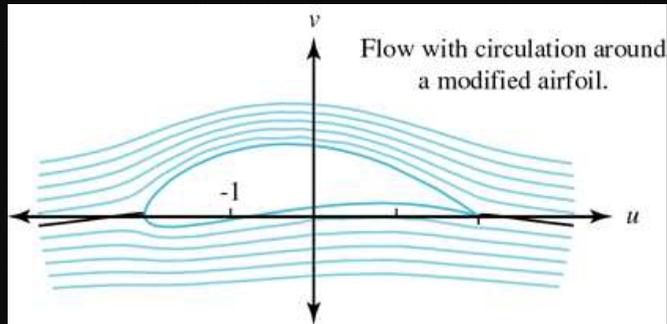


자동차가 받는 저항을 최소화 하면서 물방울이 상승하기 위한 풍압력을 고려하여 최적의 각도( $\theta$ )를 찾았다.

$$\therefore \theta = 21^\circ$$

- **Future Plan**

- Joukowski Airfoil 에 적용시켜 결과 확인(공업수학 참조)
- 추가적인 constraint 확인 및 검증



# Q & A





ThE eND  
ThANk YoU