

# MATLAB EXPO 2021

Engineer와 AI간 협업을 통한  
1D 해석 모델 구축 프로세스 개선

엄태광 책임연구원, 현대-기아차 남양기술연구소

# 목차

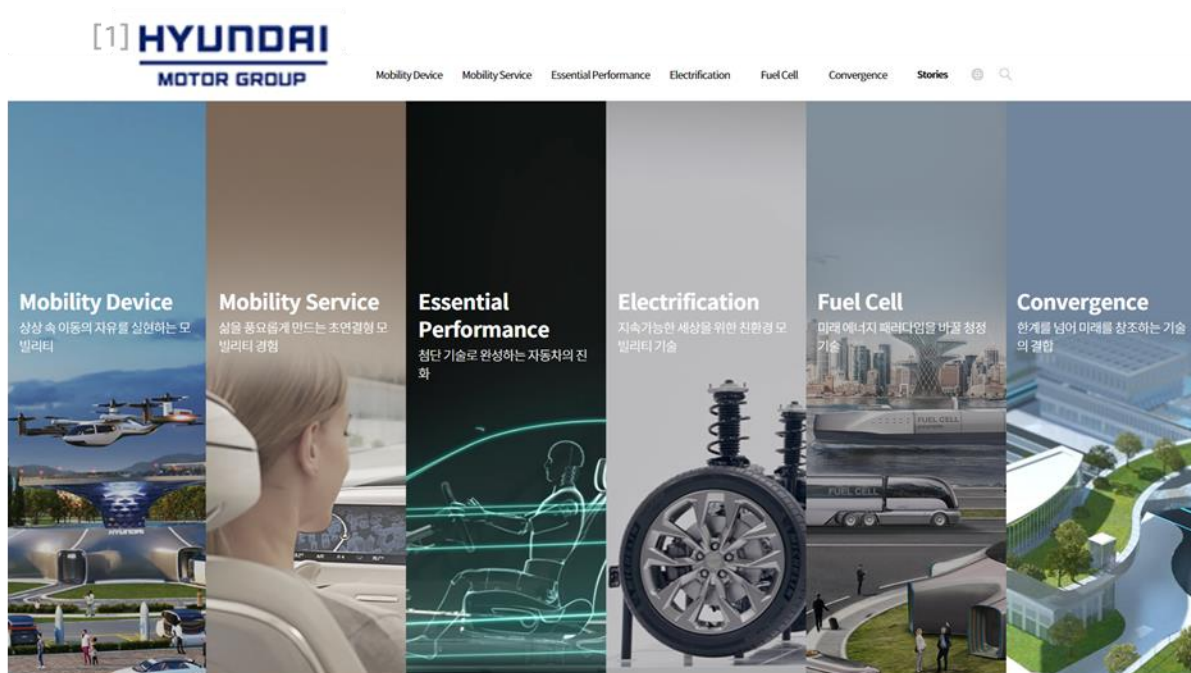
1. 회사 및 발표자 약력 (Introduction to Organization and Business)
2. 배경과 프로젝트 개요 (Background & Project Overview)
3. 기술적인 해결 과제 (Project Goals and Challenges)
4. MathWorks 솔루션을 통한 해결 방안 및 결과 (How did we get there and leverage MathWorks)
5. 결과 및 정리 (Achievements and Outlook)
6. 결론 및 요약 (Concluding Remarks)

# 1. 회사 및 발표자 이력



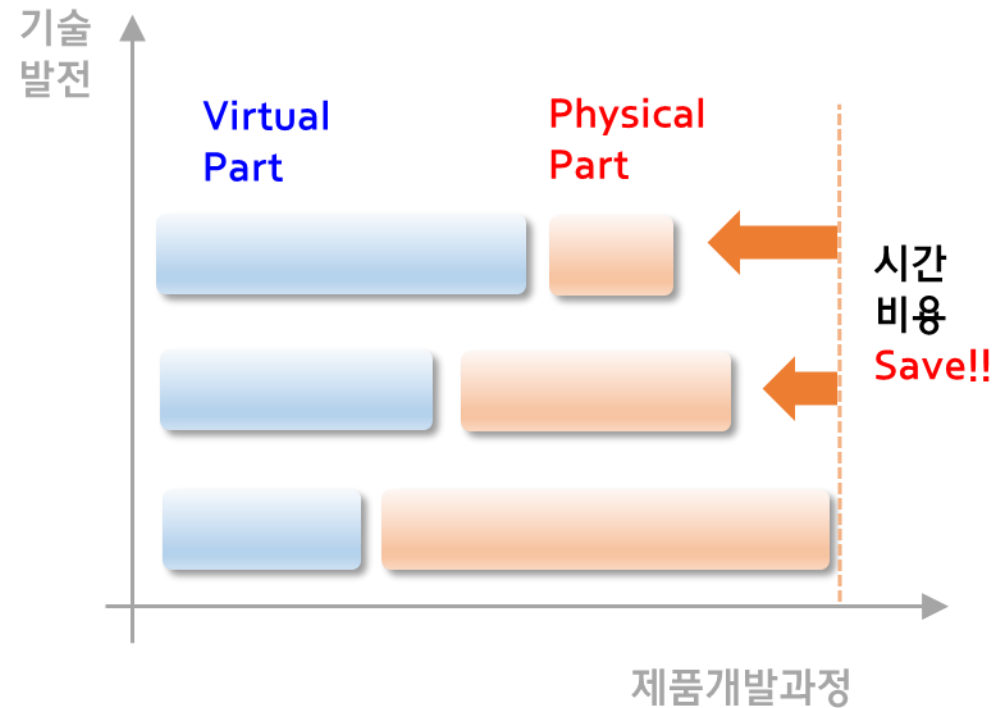
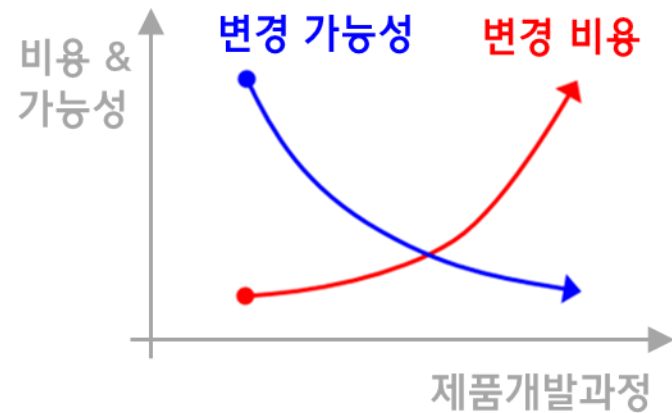
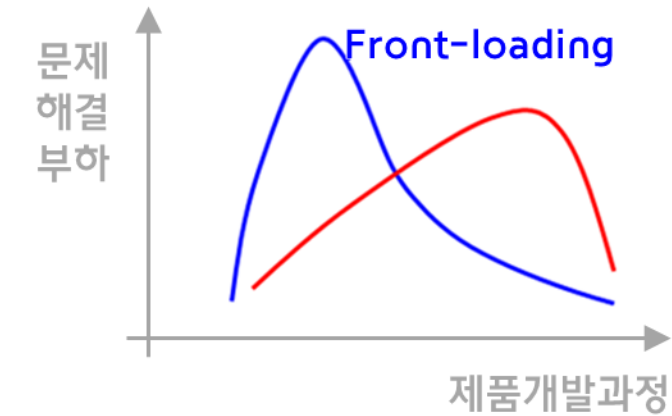
엄태광 책임연구원 / 현대자동차 연구개발본부 소속

파워트레인 분야에서 10년간 기술 엔지니어로 근무하며,  
EMS 제어 로직 개발과 엔진 성능 해석 등의 관련 분야를 담당하였습니다.  
최근에는 MBD(Model-Based Development)분야에서  
Engineer와 AI간의 협업 지성 기반 신규 업무 프로세스 개발과 관련한 연구를 추진 중에 있습니다



[1] 출처 <https://tech.hyundaimotorgroup.com/kr/>

## 2. Virtual 기반 제품 개발 동향과 이점



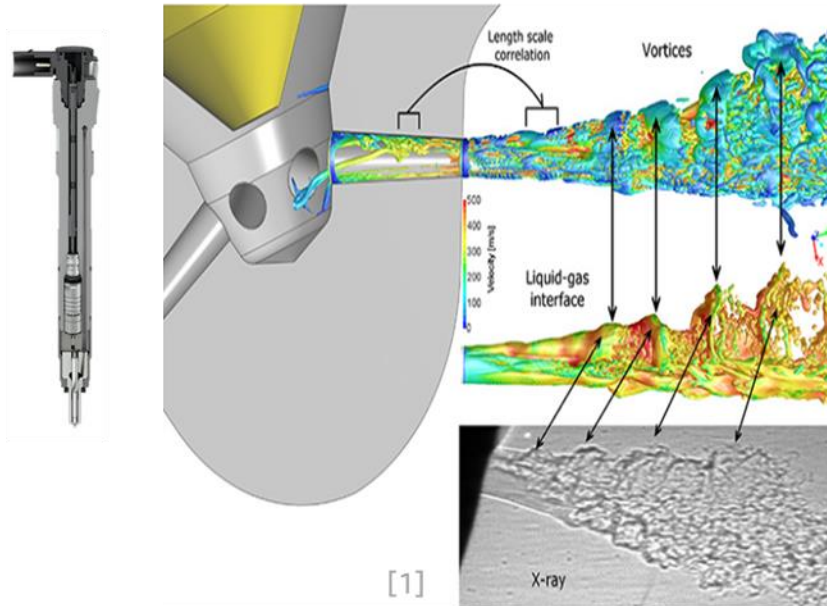
출처: [1] Front-loading 생명주기관리(Product Lifecycle Management) <https://blog.naver.com/richscskia/221886879352>

### 3. CAE(Computer-Aided Engineering) 기반 개발 (1D vs. 3D)

#### □ 3D-Simulation

장점: 특정 시스템의 물리적 특성을 분석 용의

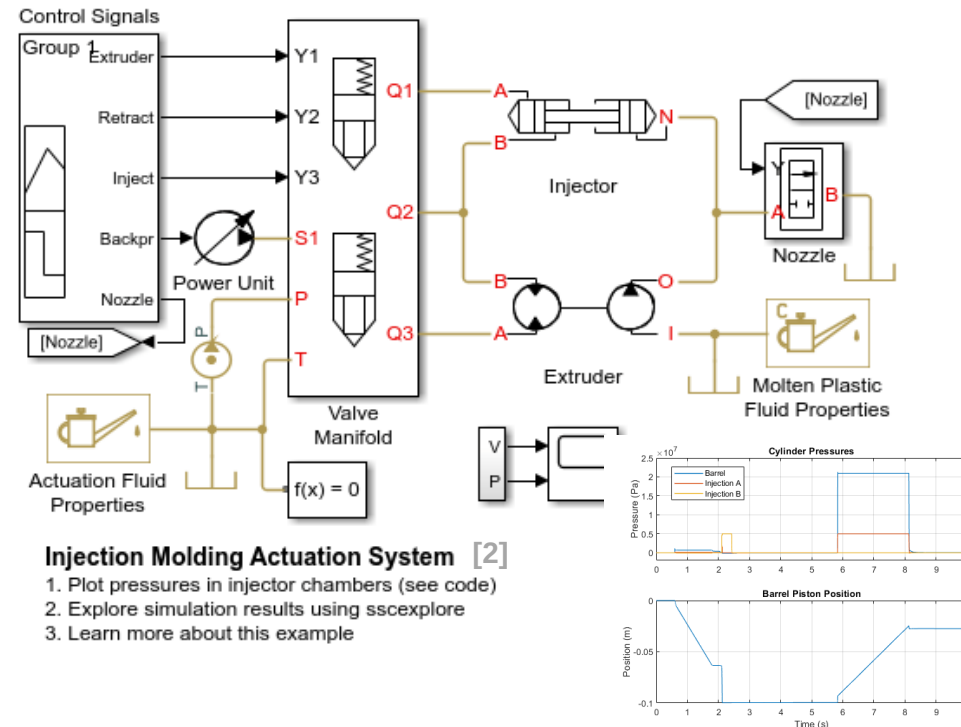
단점: 다중시스템 특성 파악 및 설계 변수에 의한  
대용량 검토에 시간적 제약



#### □ 1D-Simulation

장점: 빠른 연산 속도와 다중 시스템 내 검토가 가능

단점: 3D의 지형적 차원이 축소로 기입해야 할 특성  
입력 수 크게 증가 & 다중시스템 관련 이해력 요구



#### Injection Molding Actuation System [2]

1. Plot pressures in injector chambers (see code)
2. Explore simulation results using sscxplorer
3. Learn more about this example

출처: [1] 3D <https://www.ansys.com/ko-kr/about-ansys/advantage-magazine/volume-xi-issue-3-2017/fuel-injection-breaking-up-is-hard-to-do>

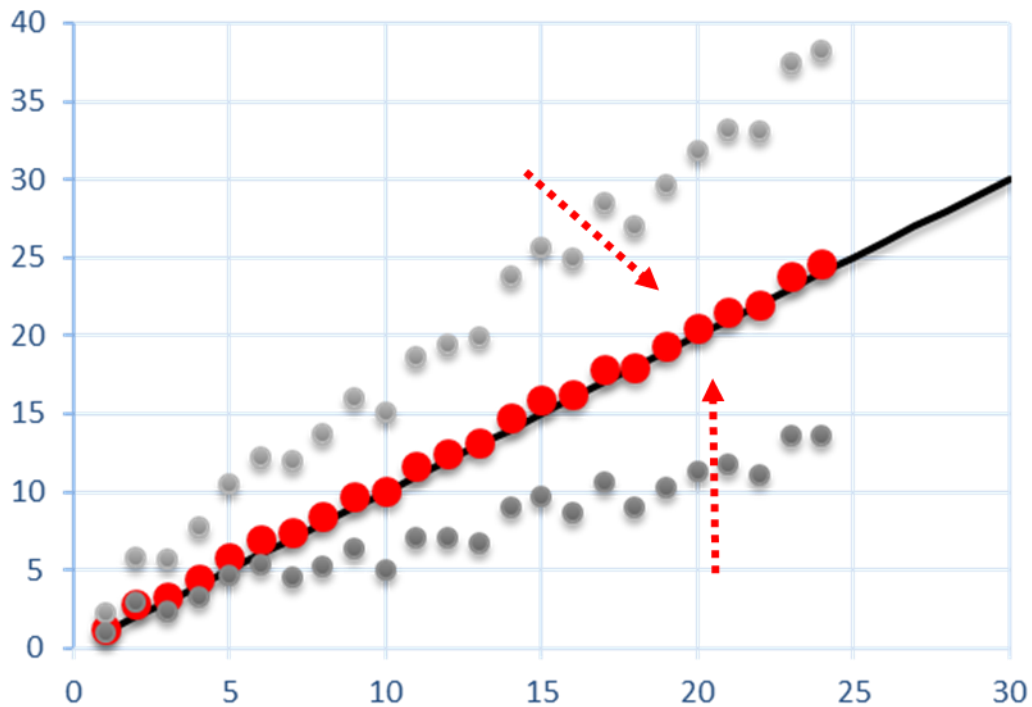
[2] [https://www.mathworks.com/help/physmod/hydro/ug/injection-molding-actuation-system.html#responsive\\_offcanvas](https://www.mathworks.com/help/physmod/hydro/ug/injection-molding-actuation-system.html#responsive_offcanvas)

## 4. Calibration 이란?

Calibration - Simulation의 출력 값이 실물의 현상을 반영하도록 조치하는 과정



Simulation



Exp.

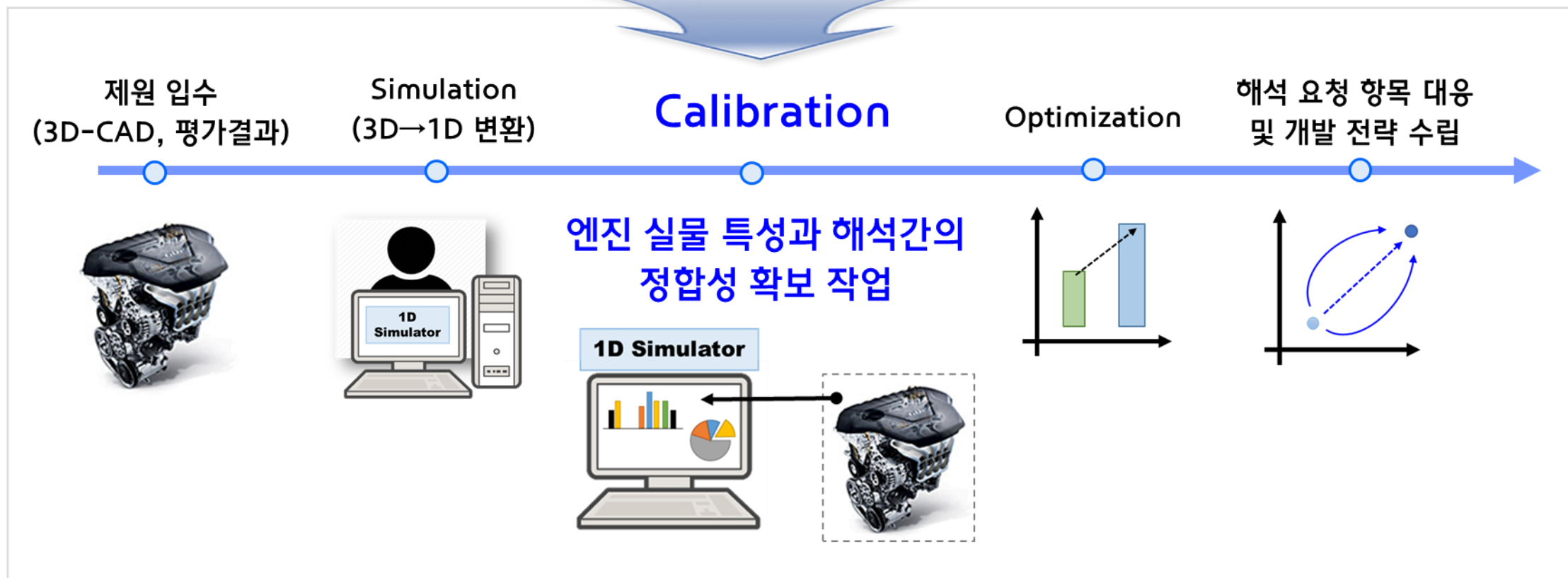


[1]

출처: [1] <https://www.hyundai.com/content/dam/hyundai/kr/ko/images/company-intro/info/history/history-2011-02-01-pc.jpg>

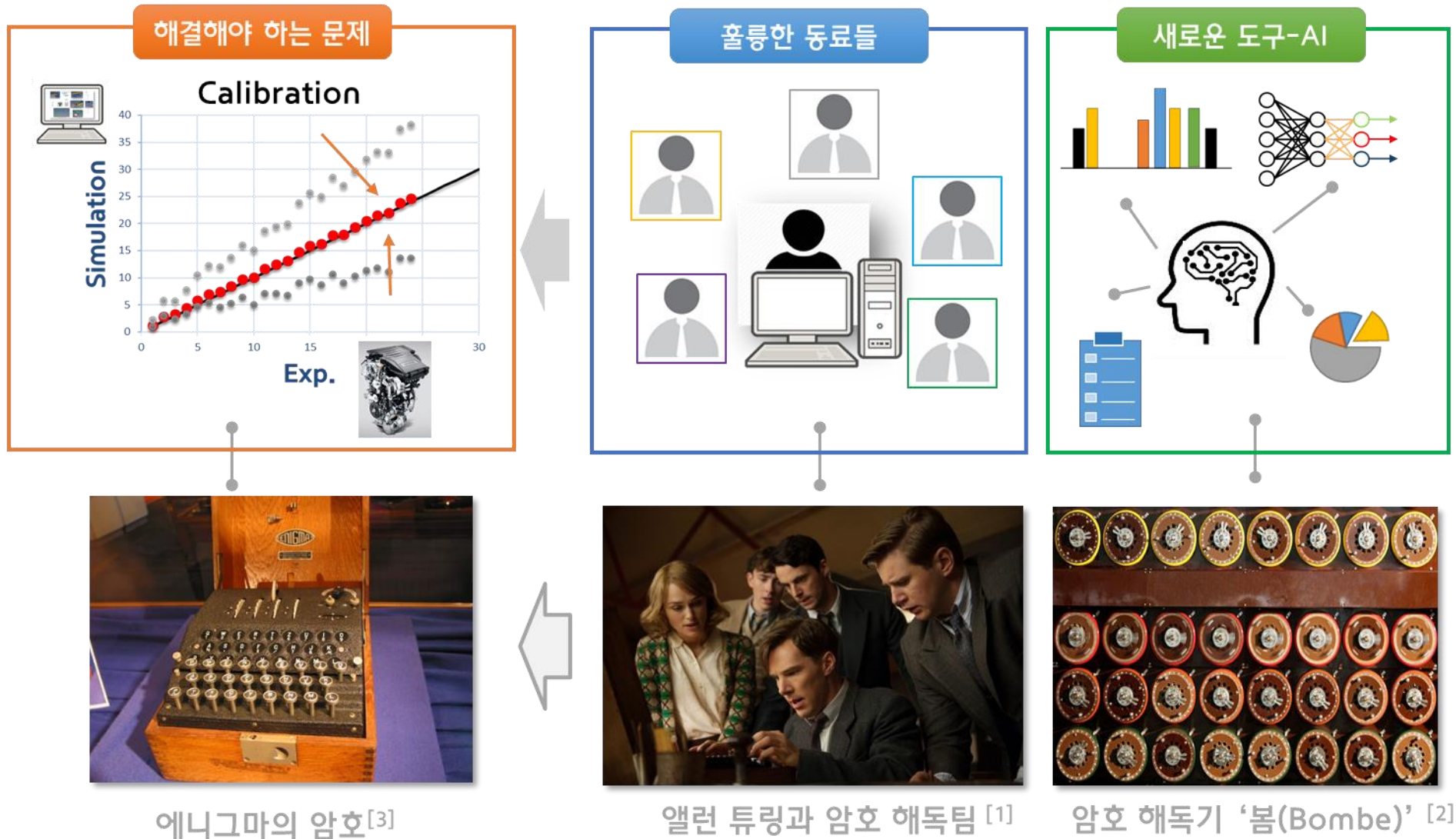
## 5. 1D 해석의 일반적 절차와 Calibration의 의미

다중시스템에 대한 이해 기반 엔진 특성을 컴퓨터로 옮기기





## 6. 새로운 도구의 필요성

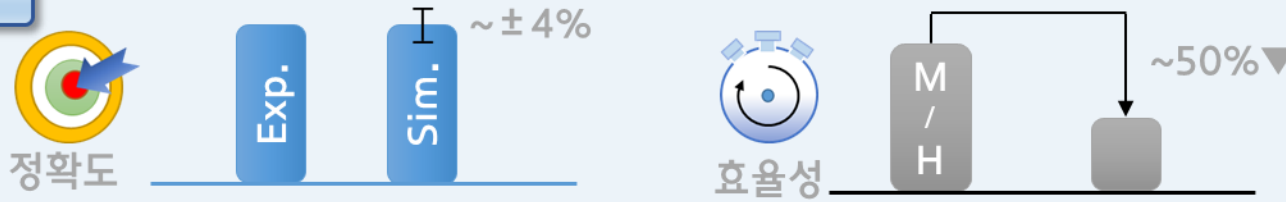


출처 : [1] <https://trigemblog.tistory.com/194>, [2,3] <https://brunch.co.kr/@robintoto/6>



## 7. 프로젝트의 개요 - ACT Project 기획

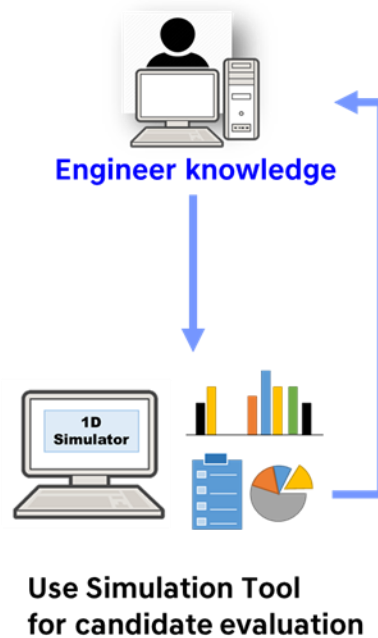
### 목표



AS IS



Traditional Process

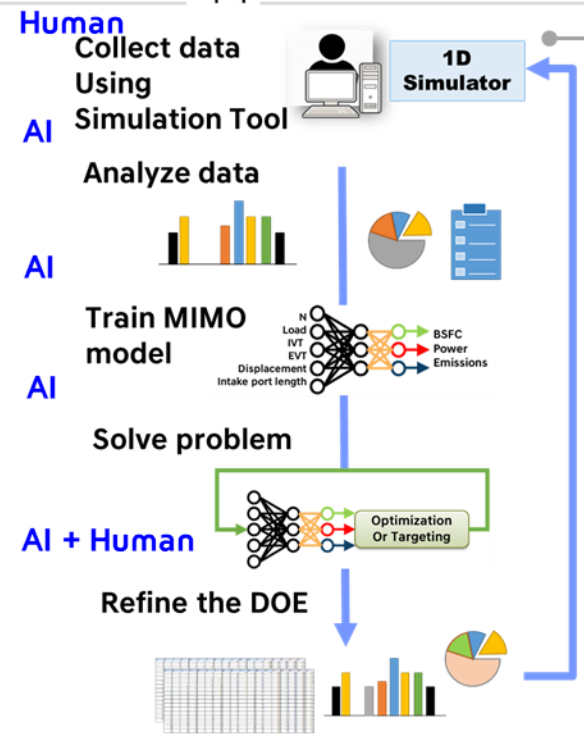


vs.

To Be



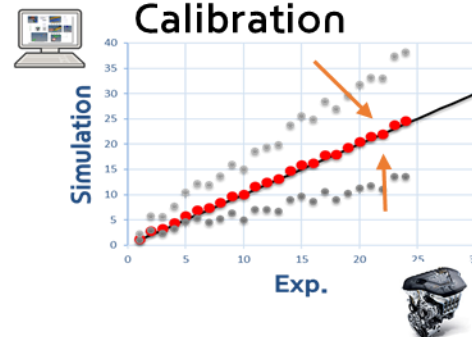
ACT Process



ACT-Project

- 실행력
- Auto-Calibration Tool
- AI기반 다중표적문제 솔루션 (실물 특성을 컴퓨터로 옮기기)

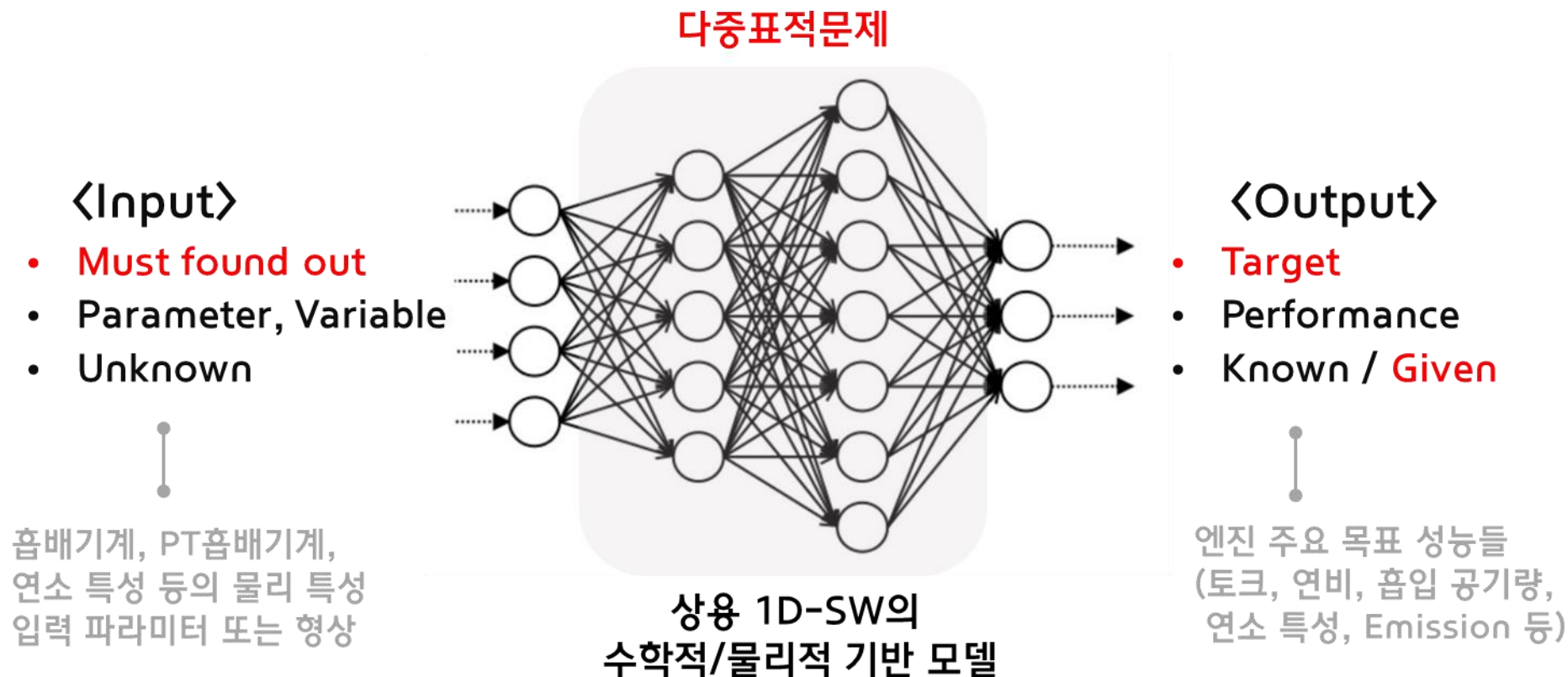
Calibration



도전 과제

## 8. 데이터 관점으로 모델 Calibration의 추상화

□ 1D 해석의 Calibration은 입력과 출력 간의 관계인 물리적 모델을 파악하는 문제이다.

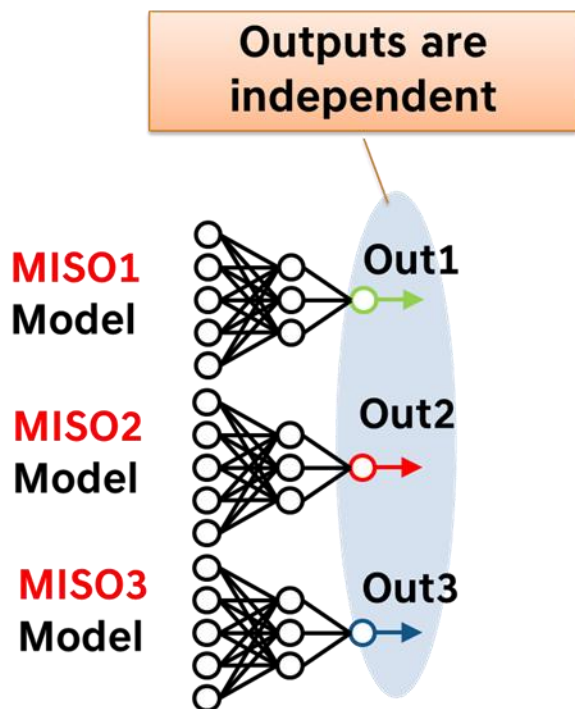


## 9. 다중표적문제 해결 회귀 모델-MIMO

### □ MISO (Multi-Input / Single-Output)

장점: 개별 출력의 예측력이 높음

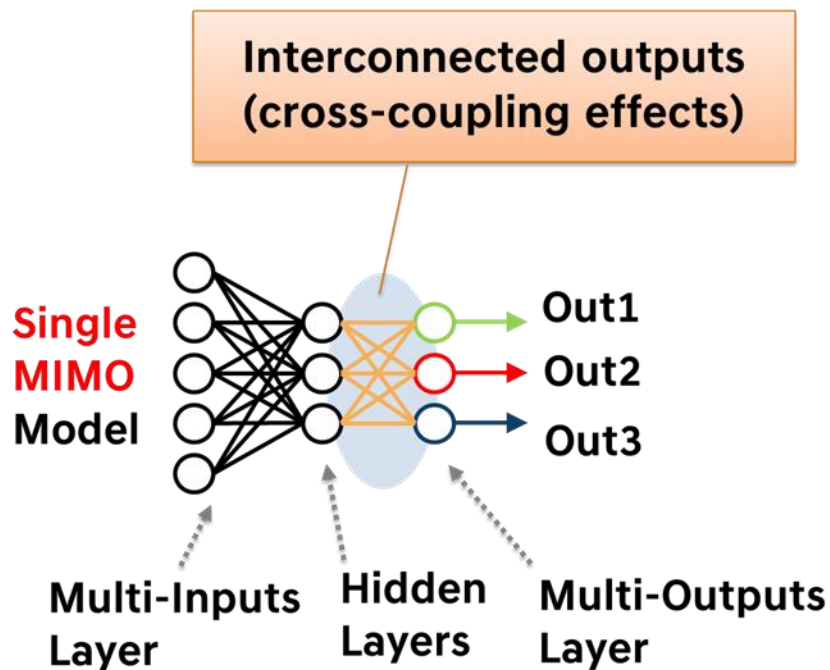
단점: 출력개수와 동일한 입출력 분석모델 필요  
다중출력예측시 모델 구성에 시간 소모  
다중출력에 동일 입력변수의 추적값이 상이



### □ MIMO (Multi-Input / Multi-Output)

장점: 다중 출력간의 관계성 파악, 1개 모델로 구성

단점: 최적화 등에서 MISO대비 예측력이 조금 낮음



## 10. MIMO 분석툴 개발 정의

### □ 데이터 특성과 ML/DL기반 분석

- Input(X) : 엔진 시뮬레이터 구성시 필요한 HW 형상 및 성능 파라미터 (약 최대 40개)
- Output(Y) : 엔진 시뮬레이터에서 입력값에 대한 출력값
- Model  $[Y_i, \hat{X}_i]$  : X, Y 데이터 기반 ML/DL 예측 모델 생성 및 주어진 목표값( $Y_t$ )에 부합하는 입력값( $\hat{X}_{cal}$ )을 산출함
- Target( $Y_t$ ) : 다중출력 목표값으로 시험획득값 / Performance metric :  $RMSE.Min = \sum |\hat{Y}_{cal} - Y_t|$

### □ MIMO(Multi-Input/Multi-output) 분석툴 개발

: 입출력 간의 모델 생성 후, 다중 출력 목표 값에 부합하는 다중 입력값 탐색

(1.데이터 생성) 엔진 시뮬레이션(1D-Simulator)에서 입출력값 추출  $[X_i, Y_i]$

(2.ML/DL 기반 모델 생성) Model  $[Y_i, \hat{X}_i]$

(3.Task 수행) 다중출력목표값  $[Y_t] \rightarrow$  Model  $[Y_i, \hat{X}_i] \rightarrow$  다중 입력값 도출  $[\hat{X}_{cal}]$

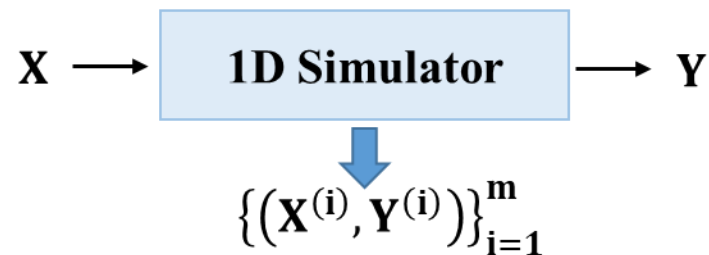
$\rightarrow$  시뮬레이터를 통한 출력값 확인  $\hat{Y}_{cal} = 1D-Simulator[\hat{X}_{cal}]$

$\rightarrow$  최소 오차 확인  $RMSE.Min = \sum |\hat{Y}_{cal} - Y_t| \rightarrow$  최소오차확인시  $\hat{Y}_{cal}$ 에 대응한  $\hat{X}_{cal}$  선택

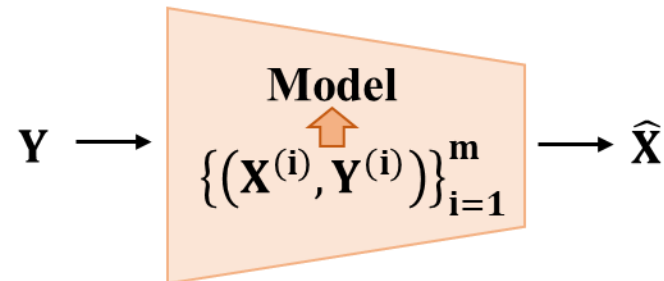
$\rightarrow$  엔진 시뮬레이션(1D-Simulator)  $[\hat{X}_{cal}, \hat{Y}_{cal}]$ 으로 실물 엔진 특성을 반영 완료

# 11. MIMO기반 엔진 시뮬레이터 구축 Task 수행

□ 1. 데이터 생성 : 시뮬레이터 활용



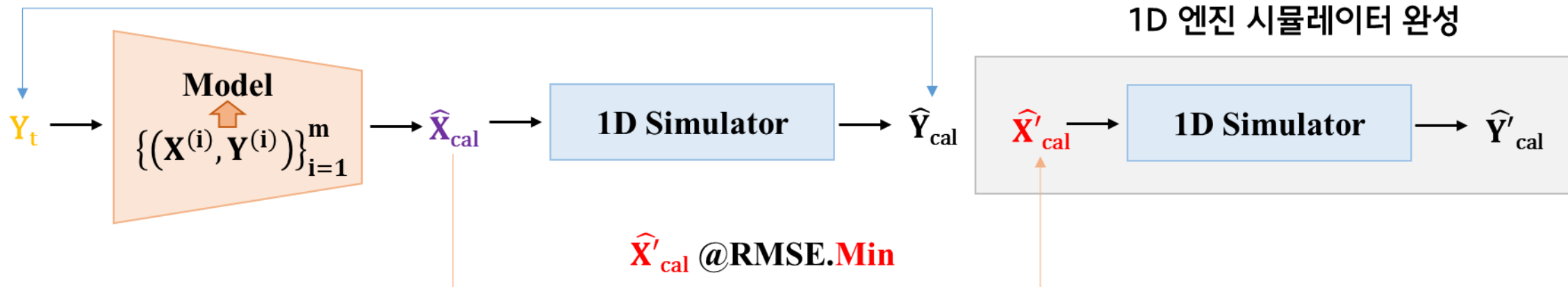
□ 2. ML/DL 모델 생성



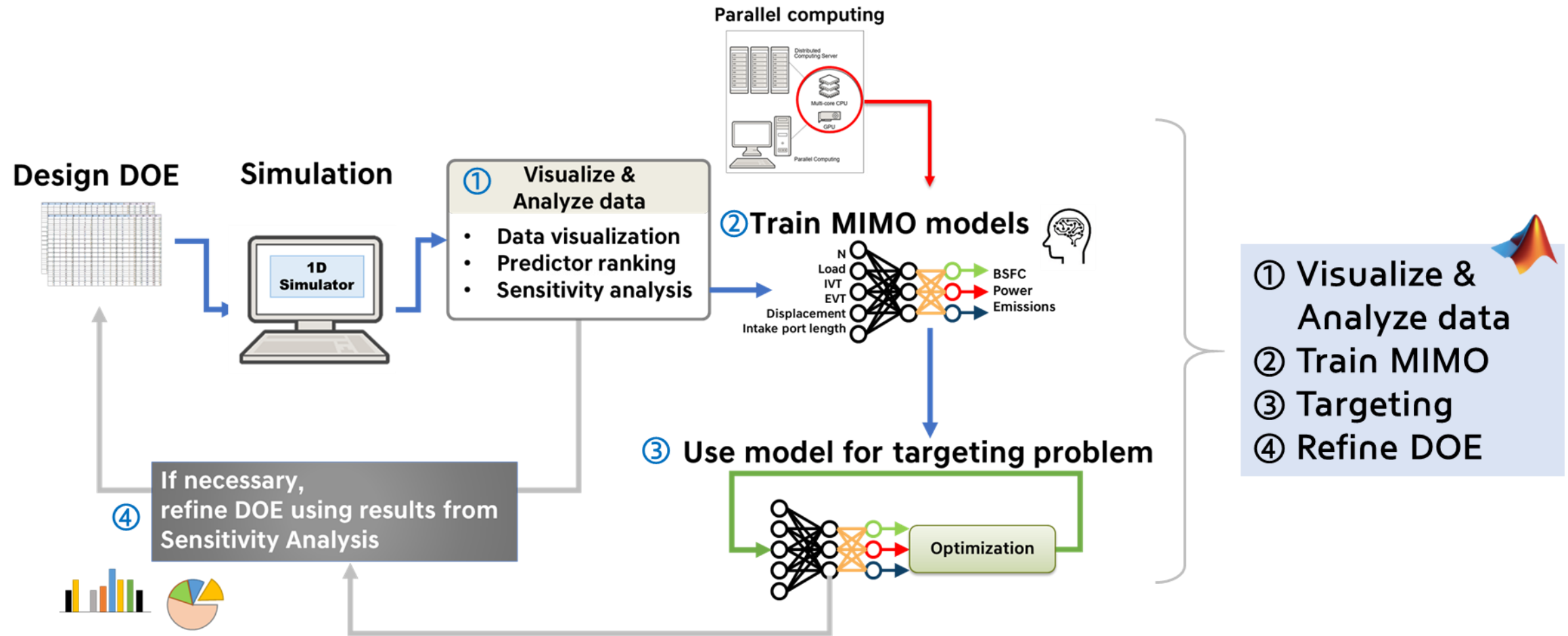
□ 3. Task 수행 : 다중출력 목표값 ▶ Model ▶ Performance Metric ▶ 다중입력값 도출 ▶ 1D 엔진시뮬레이터 완성

Performance Metric & For loop

$$\text{RMSE.Min} = \sum | \hat{Y}_{\text{cal}} - Y_t |$$



# 12. Matlab기반 ACT 구현 방안 및 Workflow

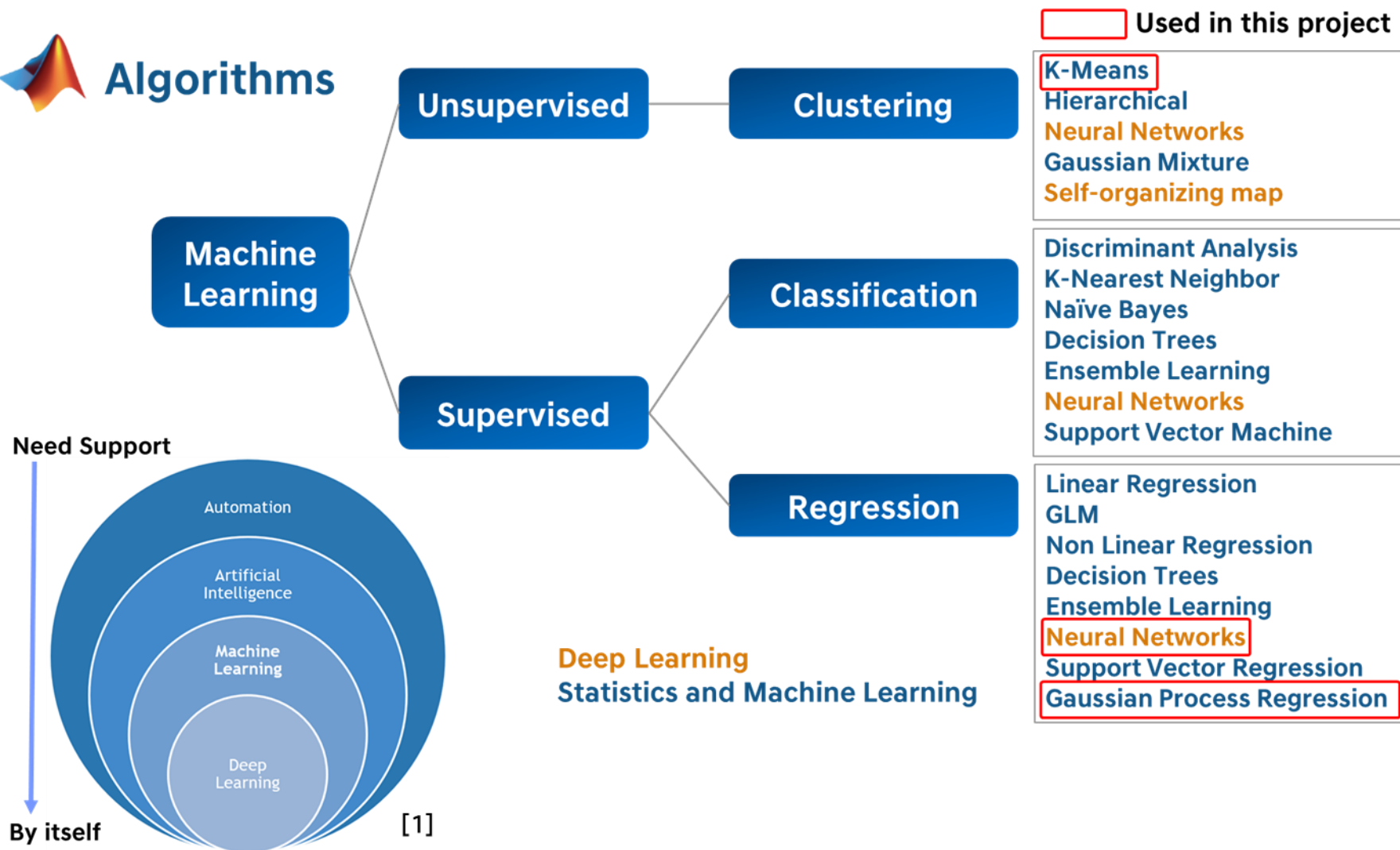




# 13. ACT내 활용한 Matlab ML&DL 알고리즘

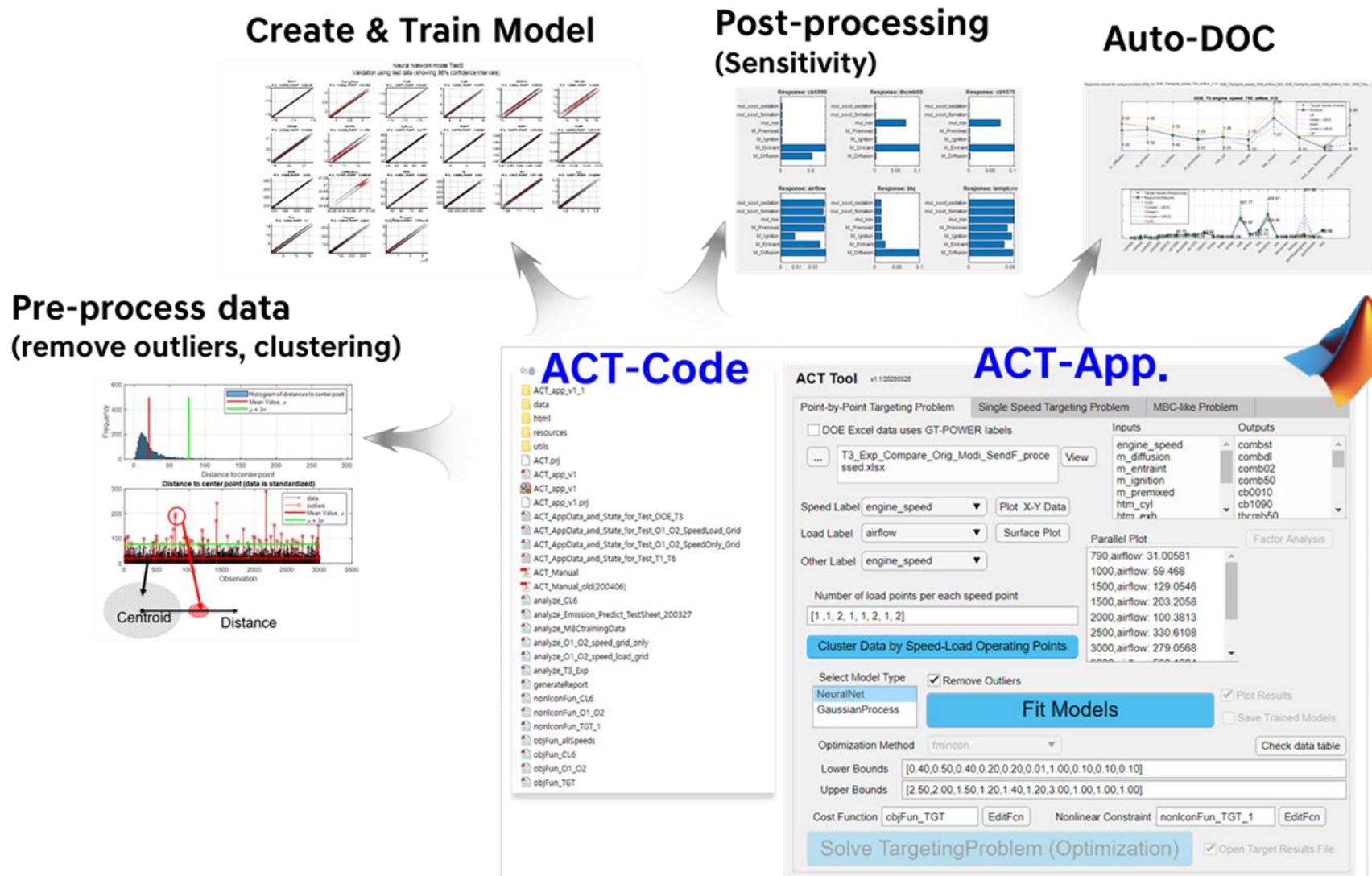


## Algorithms



출처 : [1] AI의 체계 <https://www.quora.com/Can-you-explain-briefly-about-machine-learning-deep-learning-AI-neural-network>

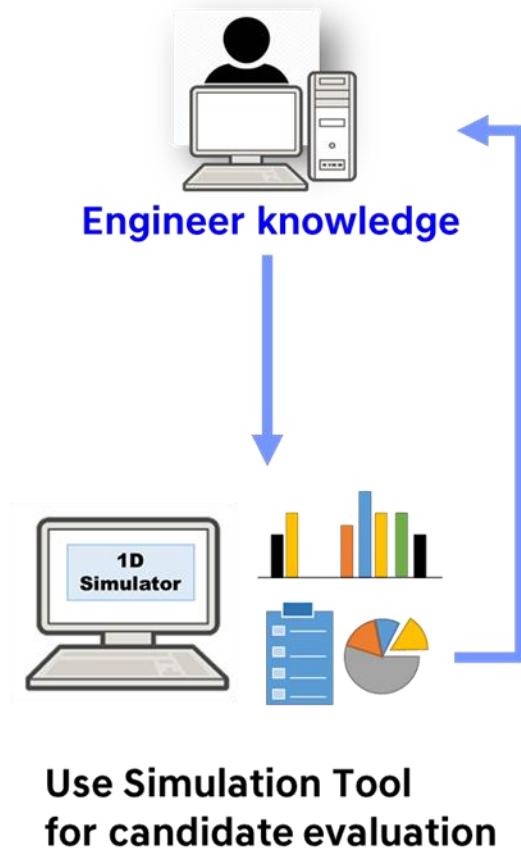
# 14. ACT 기반 수행능력



# 15. ACT수행 평가방법



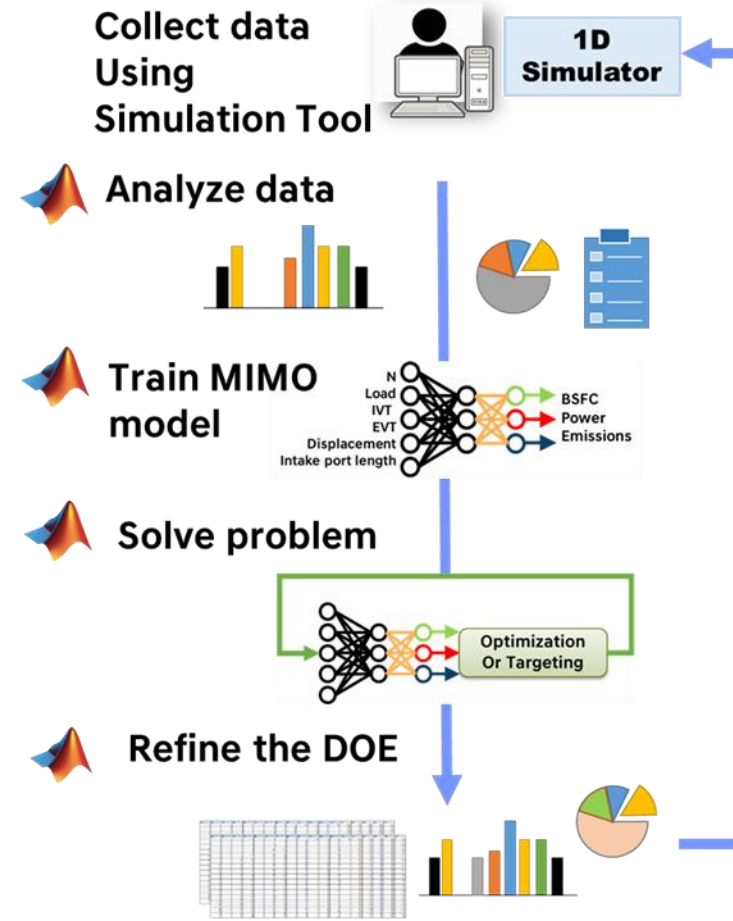
## Traditional Process



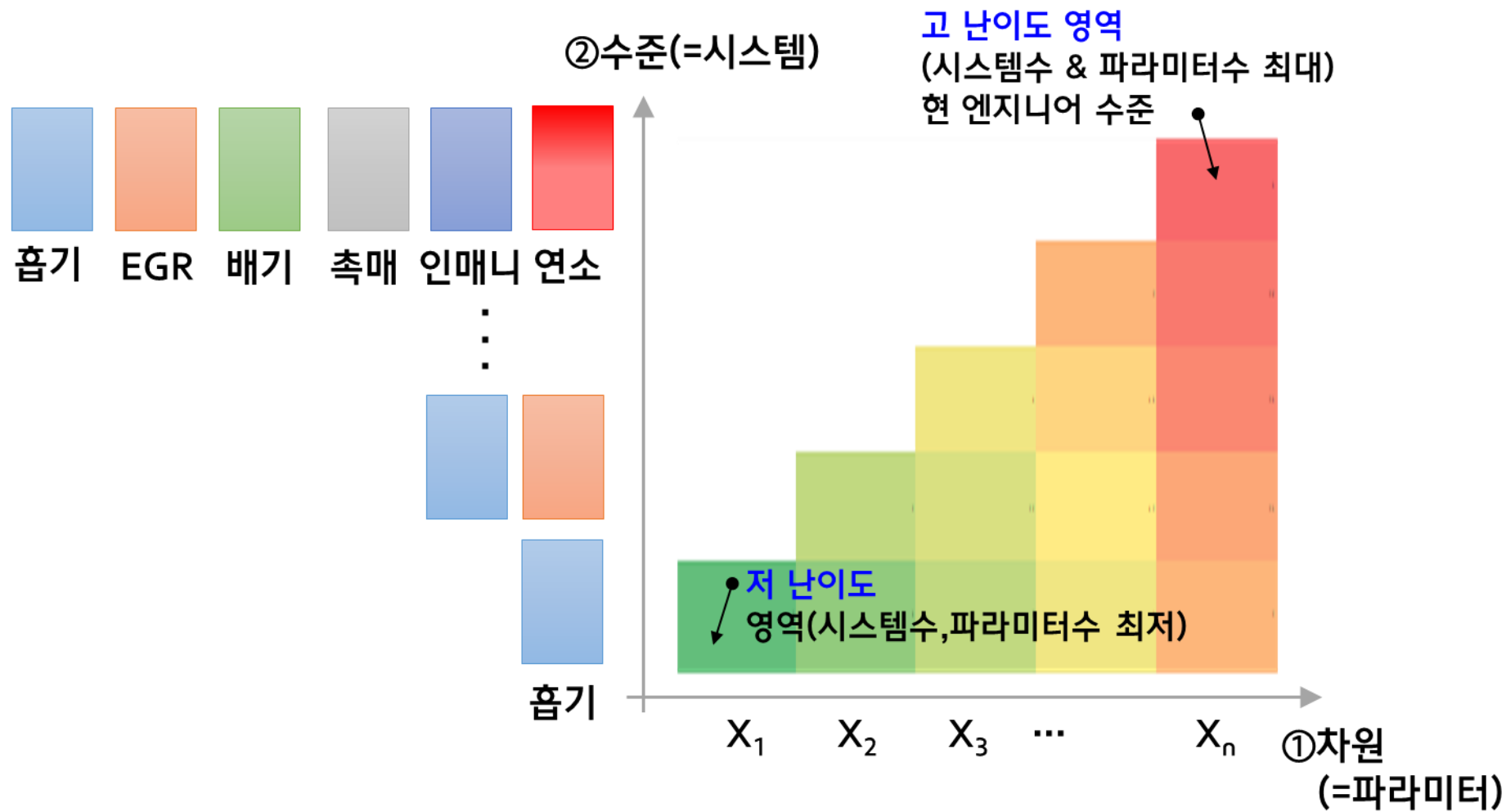
VS.



## ACT Process

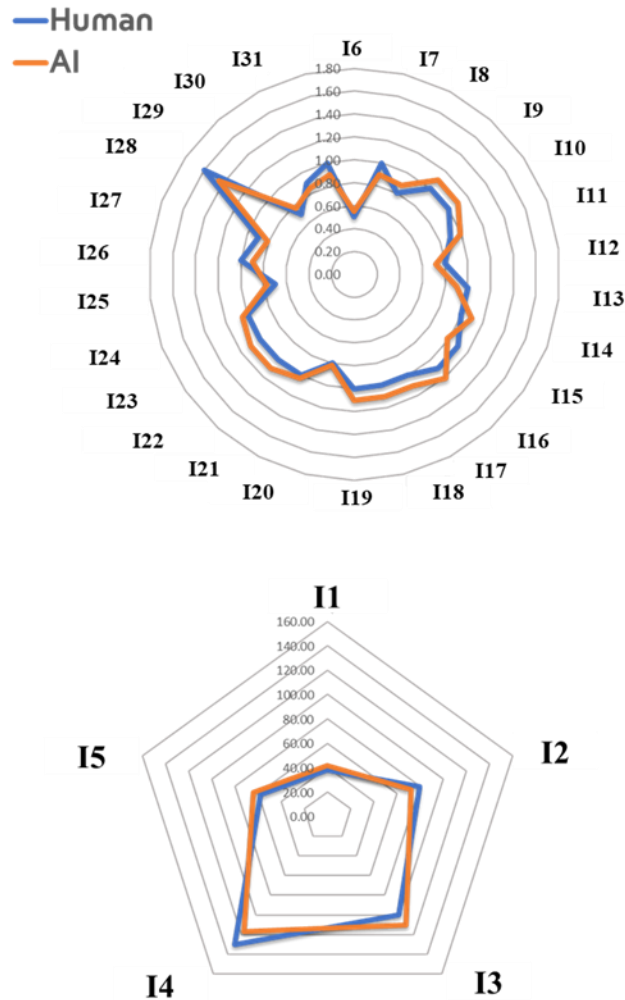


# 16. ACT 수행평가 Test sheet

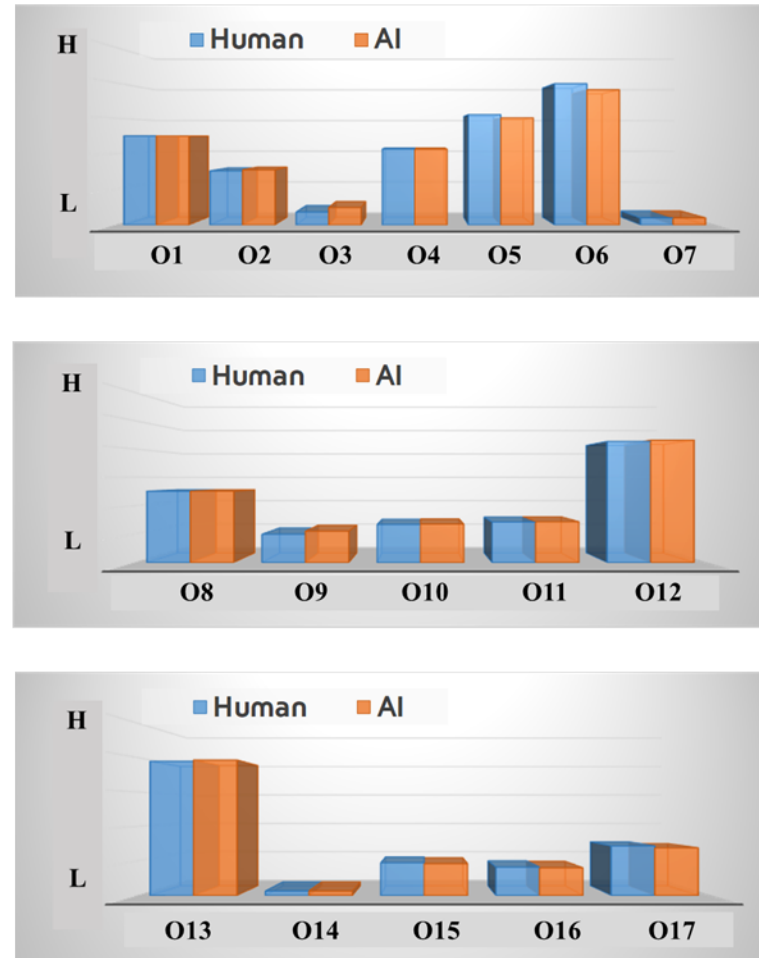


# 17. ACT 수행 결과 (대표 사례)

입력값 비교 (31)



출력값 비교 (17)



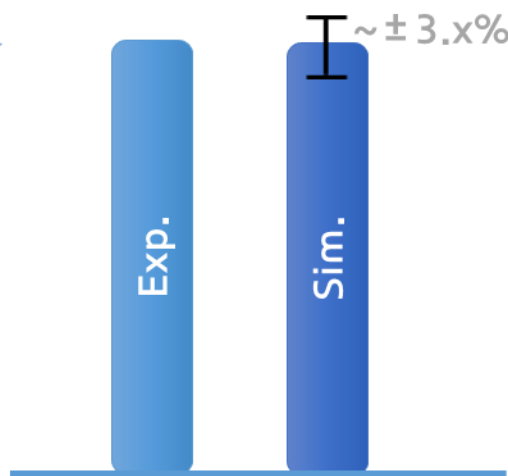
|                   | AI Prediction Avg. error | Number  |
|-------------------|--------------------------|---------|
| Input             | 9.23%                    | 31      |
| Output            | 3.96%                    | 17      |
| Output (detailed) | Air (kg/h)               | 1.0%    |
|                   | Btq (Nm)                 | 1.9%    |
|                   | In/Ex Pressure (Bar)     | 0.2%    |
|                   | Exhaust Temperature (K)  | 0.9%    |
|                   | Combustion (deg)         | 0.5 deg |

## 18. ACT 기반 프로세스 도입 효과

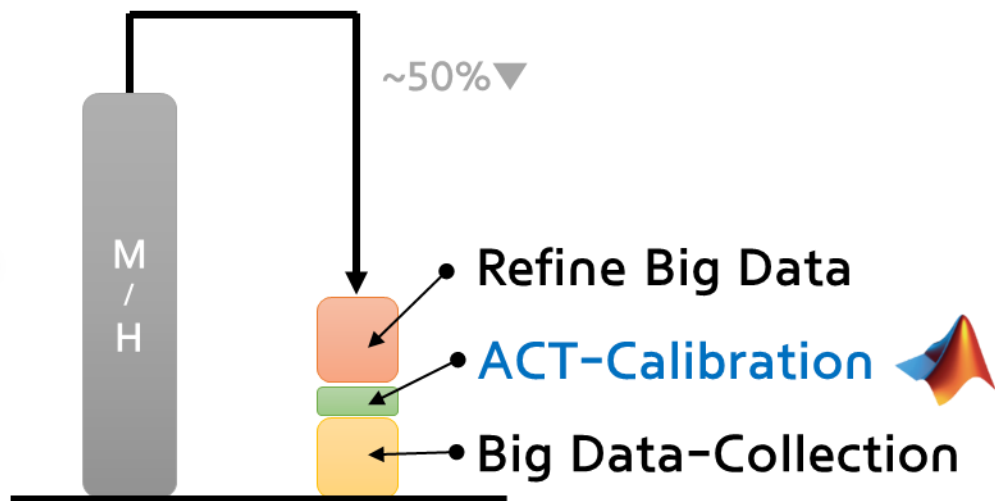
Q> ACT는 엔지니어의 Calibration 수준을 유지하면서도 [정확도]

효율적 측면에서 수행 시간을 50%가량 줄일 수 있는가? [효율성]

정확도



효율성





# 19. ACT 기반 신규 프로세스 개선 제안



## Traditional Process



**STEP1 (Engineer)**  
Select design candidate from database or using **engineer knowledge**



**STEP2 (Engineer)**  
Use GT-POWER model for candidate evaluation

**STEP3 (Engineer)**  
Iterate STEP1 and 2 until goal is attained



## ACT Process

**1D Simulator**



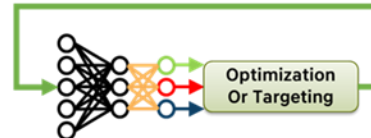
**STEP1 (Engineer)**  
Using a DOE, simulate many potential designs and collect data



**STEP2 (AI)**   
Analyze data (select important features, visualize and cleanup data, etc.)



**STEP3 (AI)**   
Train MIMO model with STEP2 data



**STEP4 (AI)**   
Use trained model to solve Optimization & targeting problem



**STEP5 (Engineer + AI)**   
Refine the DOE and go to STEP1

## 20. 결론 및 요약

### 1. 연구 목적

Calibration 업무 표준화 및 효율화 방안 ▶ AI기반 프로세스 개선 가능성 검토 ▶ ACT Project

### 2. 연구 결론

(1) AI Calibration(교정) 솔루션은 엔지니어의 기술과 유사한 수준임을 검증함

└ 저숙련자는 Calibration 가이드 / 고숙련자는 교차 확인 툴 활용 가능

(2) AI기반 교정 프로세스 개선 가능성을 확인함

└ 빅데이터 구성 전처리 과정 수반되나(일 단위), 솔루션을 제시하는 시간이 매우 빠름 (1h이내)

(3) ACT Project는 엔지니어의 지식에 의존성을 보임

└ 1차 빅데이터로 솔루션 실패 시, 엔지니어 지식 기반 2차 빅데이터 생성 후 학습 필요

(4) 사람과 머신 간의 협업 지성의 시너지 필요

└ 완전 대체가 아닌 협업을 통한, 업무 효율화 및 상호 학습 시스템

### 3. 연구의 정량적/정성적 효과

(1) Calibration & Optimization 기반 탑재한 AI 플랫폼 코드 개발

(2) AI 관련 최신 기술 습득 및 이해 / AI 기반 현업 프로세스 개선

### 4. 연구의 가치와 향후 연구 계획

(1) '새로운 도전'과 'AI와의 협업'의 스토리

(2) 프로세스 정착 + 코칭 기능을 보완

Thank you for your attention.

**HYUNDAI**  
MOTOR GROUP

