



從工業4.0談分析與實驗技術應用於設計 驗證與產品認證

王栢村 教授

國立屏東科技大學
機械工程系暨研究所
TEL: (08)770-3202轉7017

FAX: (08)774-0142

E-mail: wangbt@mail.npust.edu.tw

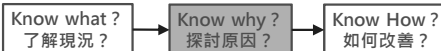
www: <http://140.127.6.133/lab>



從工業4.0談分析與實驗技術應用於設計 驗證與產品認證

- 工業4.0 (Industry 4.0) What is 【工業4.0】?
- 分析技術 analytical technique
- 實驗技術 experimental technique
- 設計驗證 design verification
 - 設計 design Why 【工業4.0】 is needed?
 - 驗證 verification
- 產品認證 product validation
 - 產品 product How to implement 【工業4.0】?
 - 認證 validation

How to achieve the goals for 【工業4.0】?



1. 前言

- 我國面臨兩率變高的矛盾現象，WHY?
- 甚麼是【工業4.0】?
 - 生產力4.0?
- 分析與實驗技術?
 - 那些【產業】，會需要、會應用到?
 - 要如何【應用】?
- 設計驗證(design verification, DV)與產品認證(product validation, PV)
 - 有甚麼不同?
- 我司需要【工業4.0】+【分析與實驗技術】+【DV&PV】嗎?
 - Why? 為什麼需要?
 - What goals? 要達到甚麼目標?
 - How to implement? 要如何實現?
 - How to achieve the goals?
 - 老闆：在設定【終極目標】，例如：??
 - 研發主管：需要能明確定義，【終極目標】→【過程目標】
 - 工程師：需要有能力達成【過程目標】→【終極目標】



台灣需要能照顧勞工的政府



<http://jeicyourmoney.pixnet.net/blog/post/109131214-%E5%8F%B0%E7%81%A3%E9%9C%80%E8%A6%81%E8%83%BD%E7%85%A7%E9%A1%A7%E5%8B%69%E5%B7%A5%E7%9A%84%E6%94%BF%E5%8A%9C>



王栢村教授簡歷與研究主題



- 現職：
 - 國立屏東科技大學
 - 機械工程系教授(1997~)
 - 振動噪音產學技術聯盟
 - 聯盟主席(2014~)
- 學歷：
 - 美國維吉尼亞理工暨州立大學
 - 機械碩士(1988)、博士(1991)
- 經歷：
 - 中華民國振動與噪音工程學會
 - 理事長(2014~2016)
 - 研發長(2011-2014)
 - 工學院院長(2007-2010)
 - 主任秘書(2003-2005)
 - 推廣教育中心主任(2001)
 - 機械工程系系主任(1997-2000)
 - 技術合作處研究發展組長(1994-1997)
 - 機械工廠主任(1991-1994)
- 專長：
 - 結構振動與噪音控制
 - 電腦輔助工程分析
 - 智慧型材料結構系統
 - 車輛動力學



TEL: (08)770-3202轉7017, FAX: (08)774-0142
E-mail: wangbt@mail.npust.edu.tw, www: <http://140.127.6.133/lab>

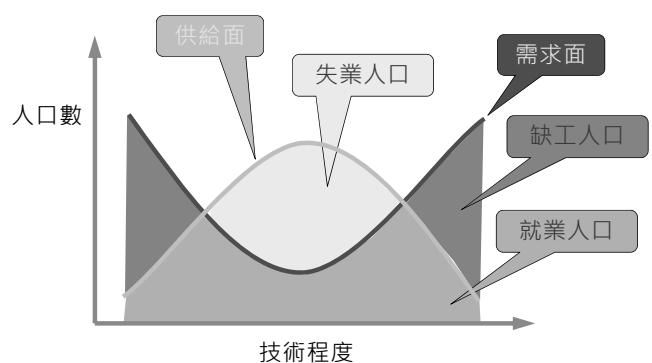


報告大綱

- 前言
- 甚麼是【工業4.0】?
- 從工業4.0看產品開發流程
- 虛擬試驗於設計驗證及產品認證之應用
- 虛擬試驗技術的整合應用與未來發展
- 結論
- 誌謝



台灣失業率與缺工率的矛盾現象 my guess?



承認中國學歷，官員們已經準備好了！?

供給面 = 教育程度之人數分佈



<http://dppyouthw.pixnet.net/blog/post/62110157-%E6%89%B0%E8%A7%8D%E4%B8%AD%E5%9C%8B%E5%AD%B8%E6%A0%B7%E7%BC%8C%E5%A7%98%E5%93%A1%E5%80%91%E5%B7%B2%E7%A6%92%E6%BA%96%E5%82%99%E5%A5%BD%E4%BA%86%E7%BC%81%E7%BC%9F>

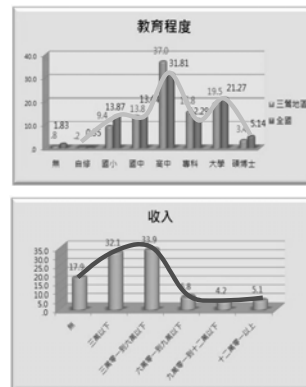
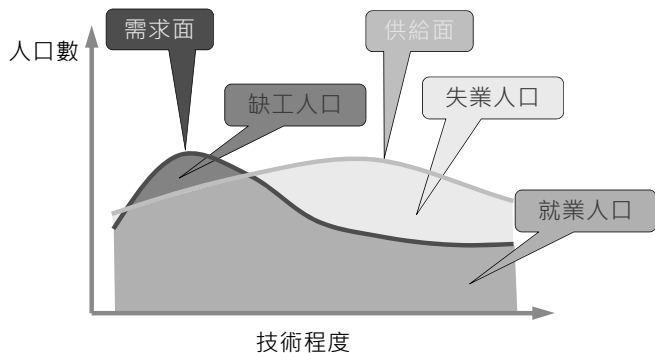


台灣失業率與缺工率的矛盾現象

Reality !

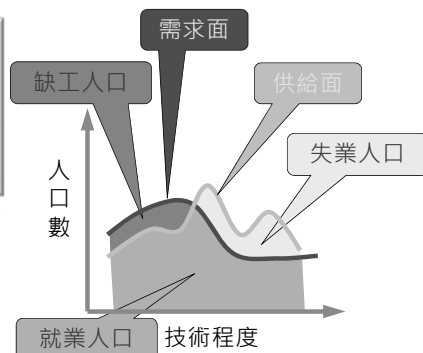
需求面 = 每月收入之人數分佈

供給面 = 教育程度之人數分佈



http://sociology.ntpu.edu.tw/index.php/ch/achievement/achievement_more/49/

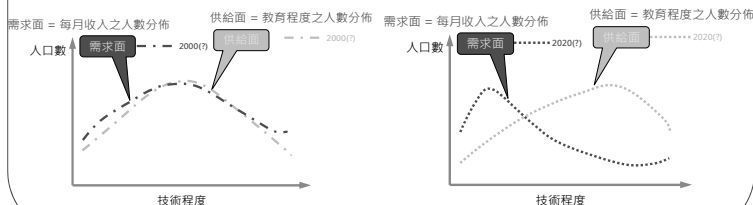
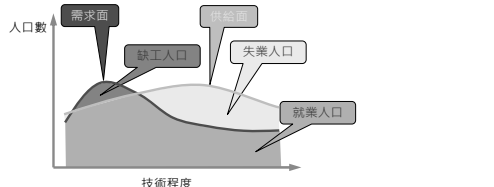
三鶯研究



需求面與供給面的消長推測(?)

需求面 = 每月收入之人數分佈

供給面 = 教育程度之人數分佈



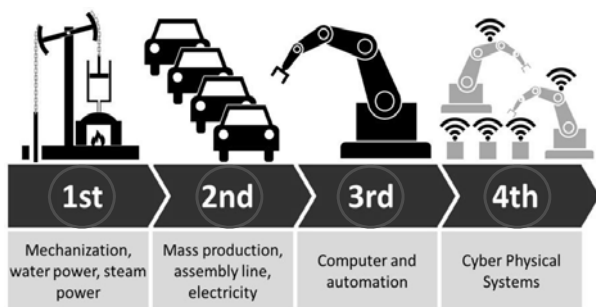
本報告目的

- 簡介工業4.0以及我國推動的生產力4.0
 - 並提出個人對工業4.0的看法。
- 闡述設計驗證及產品認證的理念，
 - 並由執行的產學合作案提出案例介紹，
- 說明分析技術與實驗技術與DV及PV的關聯性
- 以虛擬測試/試驗(Virtual Testing) [4]理念
 - 說明CAE/CAT (computer aided engineering/ computer assisted testing)的整合與應用
- 最後由分析與實驗技術的需求與應用
 - 並提出給產業界的建議。

[4] A. T. M. J. M. Huizinga, M. A. A. Van Ostaijen, G. L. Van Oosten Slingeland, A Practical Approach to **Virtual Testing** in Automotive Engineering, Journal of Engineering Design, Vol. 13, No. 1, pp. 33-47, 2002

2. 甚麼是【工業4.0】？

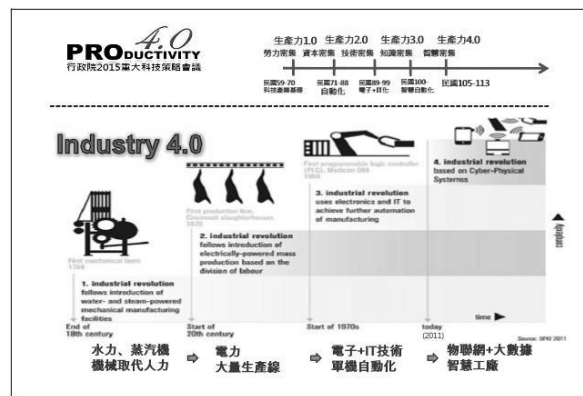
- 從工業革命演進，看工業4.0的發展



工業革命的演進 (A critical look at Industry 4.0).

圖片來源：<http://www.allaboutlean.com/industry-4-0/>

工業革命與臺版生產力4.0產業發展演進歷程



[2] 行政院：行政院生產力4.0發展方案-民國105年至民國113年(核定本)，2015

工業4.0？

一、全球產業發展趨勢

- 資訊消費革命：連續資訊發達，產品壽命縮短，少量多樣及客製化成為主流。
- 亞洲缺工問題：中國大陸、日本、台灣面臨少子化、老年化，台灣面臨升級壓力。
- 歐美再工業化：美國、德國為保持領先，相繼推出製造業升級計畫。

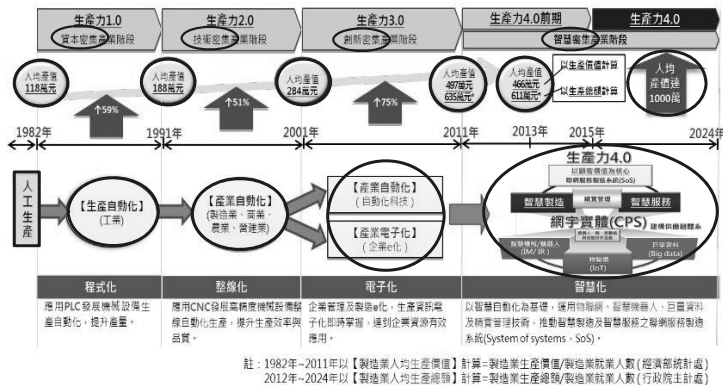


經濟部工業局吳明機局長，2015.10.06，生產力4.0推動策略與未來展望
圖片來源：<http://www.ctci.org.tw/public/Attachment/510141162071.pdf>

工業4.0？

- 德國：
 - 工業4.0 (Industry 4.0)
- 美國：
 - 「先進製造夥伴計畫」
 - (Advanced Manufacturing Partnership, AMP)
- 日本：
 - 工業4.1J (Industry 4.1 J)
- 中國：
 - 中國製造2025 (Made in China 2025)
- 韓國：
 - 製造業創新3.0 (Industry Innovation 3.0)
- 台灣：
 - 生產力4.0 (Productivity 4.0)

我國【生產力4.0】推動策略



註：1982年~2011年以【製造業人均生產價值】計畫-製造業生產價值/製造業就業人數(經濟部統計處)
2012年~2024年以【製造業人均生產總額】計畫-製造業生產總額/製造業就業人數(行政院主計處)

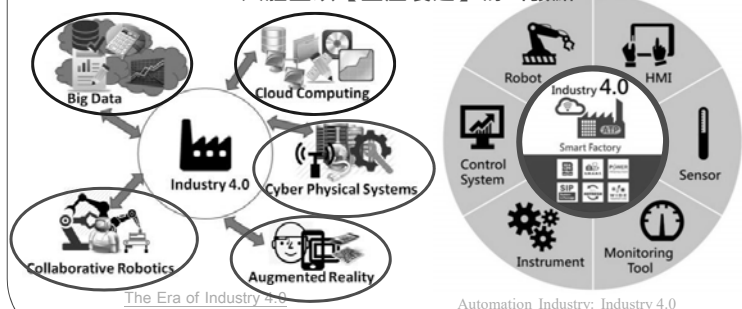
經濟部工業局吳明機局長，2015.10.06，生產力4.0推動策略與未來展望

圖片來源：<http://www.ctci.org.tw/public/Attachment/510141162071.pdf>

【工業4.0】：兩大議題

- (1) Internet of Things (IoT)
- (2) Cyber-Physical Systems (CPS)

大體上以【生產製造】為出發點



圖片來源：<http://ivantage.net/internet-of-things-smart-manufacturing-the-era-of-industry4-0/>

圖片來源：<http://embedded-computing.com/white-papers/white-0-challenges-solutions-storage-devices/>

2.1-Internet of Things (IoT)，物聯網

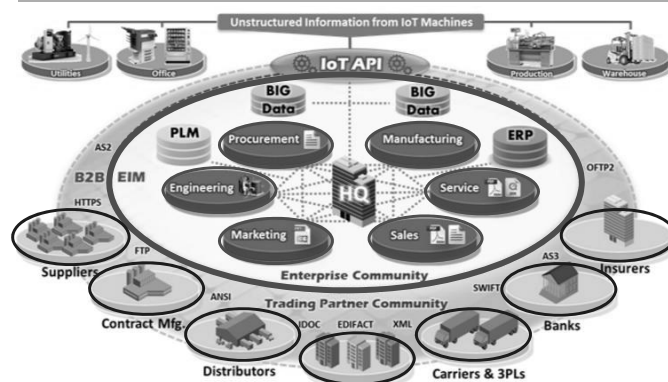


物聯網(Internet of Things, IoT)

圖片來源：<http://www.allaboutlean.com/industry-4-0/internet-of-things/>

2.1-Internet of Things (IoT)，物聯網

Bringing it Altogether – EIM, B2B and IoT



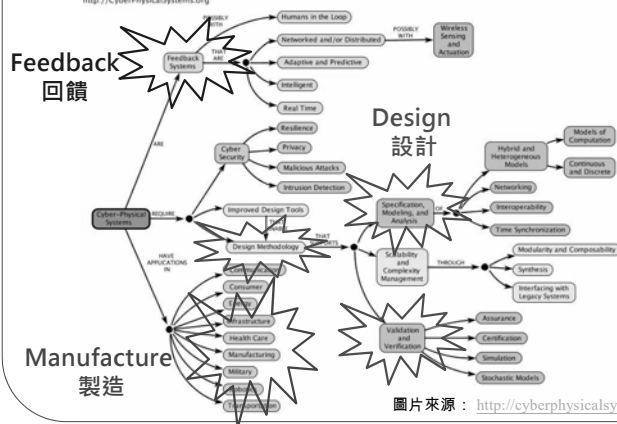
圖片來源：<http://www.gxsblogs.com/wp-content/blogs.dir/1/files/iot-ecm-b2b2.png>

2.2-Cyber-Physical Systems (CPS)

- Cyber
 - 網絡：
 - of, relating to, or characteristic of the culture of computers, information technology, and virtual reality.
 - 聯網、網際：
 - relating to electronic communication networks and virtual reality
- Physical Systems
 - 物理系統
- Cyber-Physical Systems
 - 網宇實體系統
 - 資訊物理系統
 - 虛實整合系統
 - 訊息物理(融合)系統
 - 智慧整合感控系統

2.2-Cyber-Physical Systems (CPS)

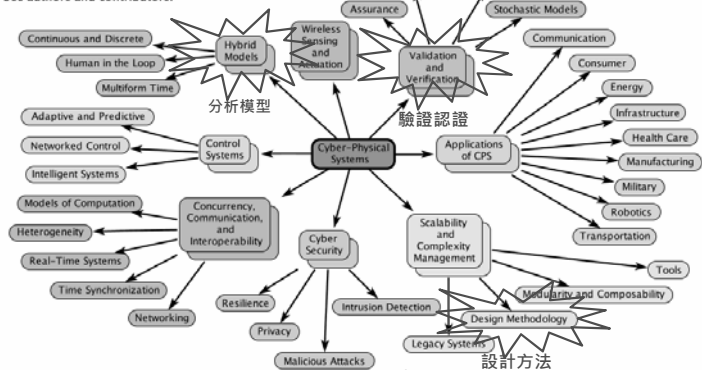
Cyber-Physical Systems – a Concept Map
<http://CyberPhysicalSystems.org>



圖片來源：<http://cyberphysicalsystems.org/>

2.2-Cyber-Physical Systems (CPS)

<http://CyberPhysicalSystems.org>
See authors and contributors.



圖片來源：<http://cyberphysicalsystems.org/>

我的見解：工業4.0的精神？

- (1) Feedback：

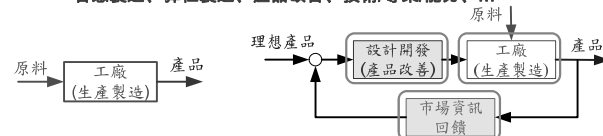
- 有能力收集產品在市場的資訊回饋機制

- Information about reactions to a product, a person's performance of a task, etc., used as a basis for improvement.
- 有關產品的反應、某個人的工作表現等等之訊息，可作為改善的參考依據
 - Big data, 物聯網、雲端資訊、無線傳輸、智慧感測、...

- (2) Solution：

- 有能力解決市場回饋資訊所顯現的問題與需求

- A means of solving a problem or dealing with a difficult situation.
- 解決問題或處理困難情況的手段
 - 智慧製造、彈性製造、產品改善、技術/專業/能力、...

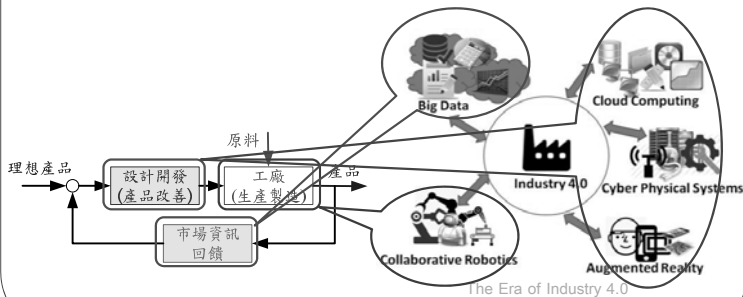




我的見解：工業4.0的精神？

(1) IoT → Feedback

- Data → Information
- 將各種【數據】，轉化為有用的【資訊】



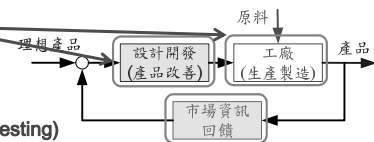
圖片來源：<http://r.vantage.net/internet-of-things-smart-manufacturing-the-era-of-industry4-0/>

25

我的見解：工業4.0的精神？

(2) CPS → Solution

- Testing → Virtual Testing
 - 首要重點在產品試驗(testing)
 - 並能夠導入虛擬試驗(virtual testing)
 - 意涵就在CAE(電腦輔助工程分析)
- CAE → Experimental Verification
 - 建立了CAE能力
 - 還要有對應分析的實驗驗證(experimental verification)能力
- Verification → Validation
 - DV 設計驗證(design verification)
 - PV 產品認證(product validation)
- Component design → System design
 - 能由零組件的設計
 - 整合提升到系統設計



具簡諧倍頻音古鈸打擊樂器



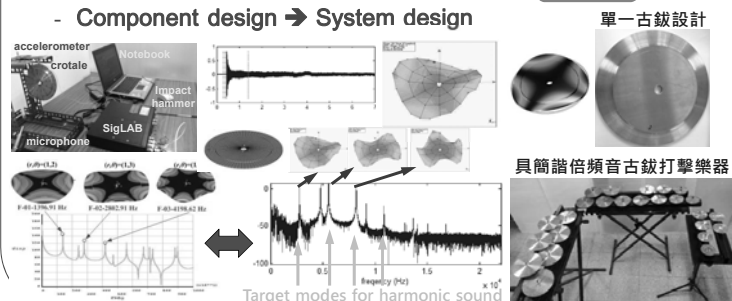
26



具簡諧倍頻音古鈸打擊樂器之設計開發

(2) CPS → Solution

- Testing → Virtual Testing
- CAE → Experimental Verification
- Verification → Validation
- Component design → System design



27



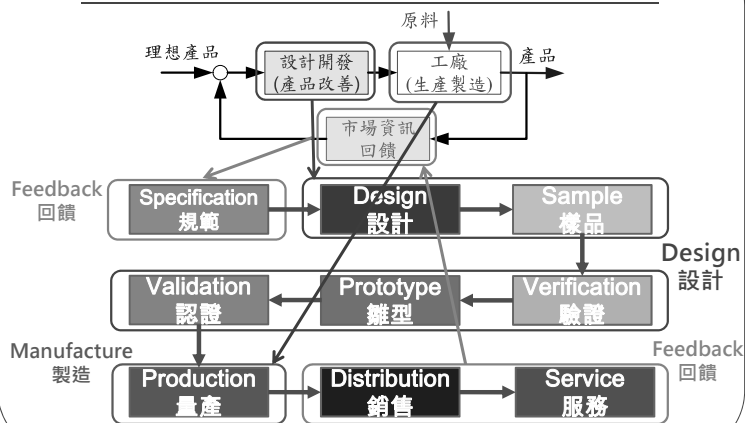
3. 從【工業4.0】看【產品開發流程】

- 3.1-結合工業4.0精神的產品開發流程
- 3.2-產品開發的六個【工程設計】層次
- 3.3-以振動噪音技術為例
 - 看產品在不同層次之設計開發的重要性
- 3.4-不同產品於六個工程設計層次的關係
- 3.5-典型之工程設計分析與實驗驗證專案流程
- 3.6- IoT + CPS → 產品開發設計 & 生產製造

28



3.1-結合工業4.0精神的產品開發流程



29



3.2-產品開發的六個【工程設計】層次

What is your product "Engineering design" ?

- Functional design
- Safety design
- Performance design
- Quality design
- Reliability design
- Styling (Brand) design
- Design for manufacturing
- Design for assembly
- Design for low noise & vibration
- Design for reliability
- Design for ???



30



產品開發的六個【工程設計】層次

What is your product "Engineering design" ?

- Purposes of "CPS" ?
 - Functional design 功能性設計
 - Safety evaluation 安全性評估
 - Performance improvement 性能改善
 - Quality assessment 品質評價
 - Reliability assurance 可靠度保證
 - Brand image 品牌形象
- Improvement → Design modification
 - Reinforcement vs. Reduction of weight
 - Interchange part vs. assembly
 - Low noise & vibration
- Benefits of "CPS"(Virtual Testing) 虛擬試驗
 - Reduction of time and cost
 - Systematic approaches



31



What goals to achieve for your product "Engineering Design" ?

- What is your stage for your product ?
 - In different stages,
 - To define your own goals
- Goals to achieve for your product ?
 - Product functional design ? 功能設計
 - Safety evaluation ? 安全評估
 - Performance improvement ? 性能改善
 - Quality assessment ? 品質評價
 - Reliability assurance ? 可靠度保證
 - Brand image ? 品牌形象



Think : 我們家的產品現在屬於哪一個設計層次？

32

3.3-以振動噪音技術為例 看產品在不同層次之設計開發的重要性

- 振動/聲音目標導向的【功能性】產品：
 - 打擊樂器
- 抗震/耐震/耐撞擊/高壽命的【安全性】產品：
 - 車輛、3C產品、工具機、
- 振動/聲音目標導向的【好性能】產品：
 - 高爾夫球桿、跑車
- 低噪音低振動的【高品質】產品：
 - 壓縮機、車輛、工具機
- 具【可靠度】產品：
 - 壓縮機、車輛、工具機
- 有【品牌】產品：
 - 【功能性】 【安全性】 【好性能】 【高品質】 【可靠度】

Think：我們家的產品在不同設計層次，對振動噪音技術之需求？

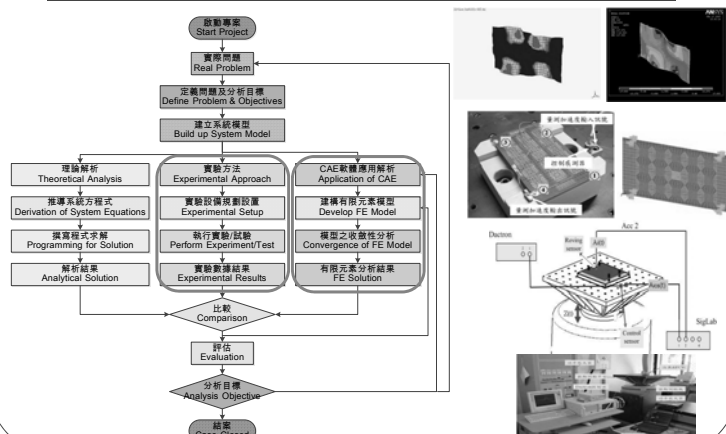


3.4-不同產品於六個工程設計層次的關係

Different Products for "Engineering Design"



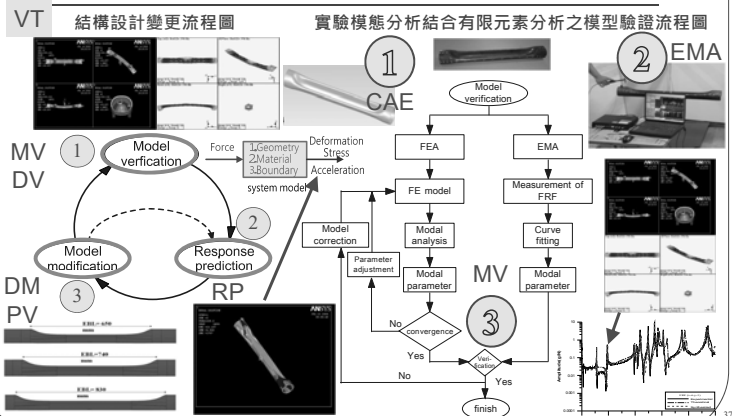
3.5-典型之工程設計分析與實驗驗證專案流程



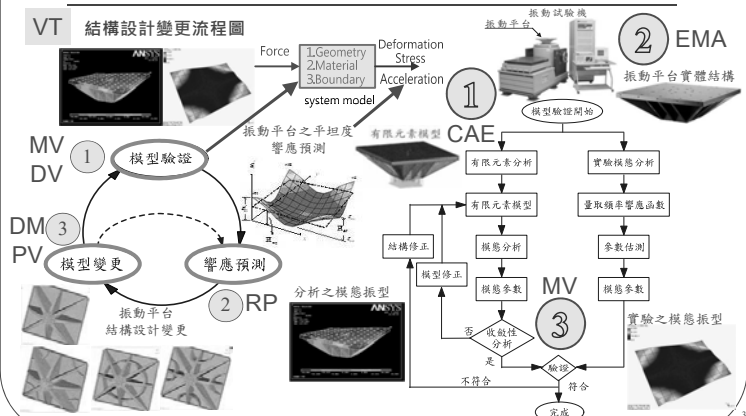
3.6- IoT + CPS → 產品開發設計 & 生產製造

- IoT = Feedback :
 - IT : information technology : 資訊科技/訊息技術
 - Computer/Communication : 電腦/通訊
 - Cloud/Network : 雲端/網際網路
 - Computation/Control : 計算分析/模擬仿真/控制
- CPS = Solution :
 - VT : virtual testing 虛擬測試
 - CAD : computer aided design 電腦輔助設計
 - CAE : computer aided engineering 電腦輔助工程分析
 - CAT : computer assisted testing 電腦輔助測試
 - EMA : experimental modal analysis 實驗模態分析
 - MV : model verification 模型驗證
 - DV : design verification 設計驗證
 - RP : response prediction 響應預測
 - DM : design modification 設計變更
 - PV : product validation 產品認證

結合「CAE」與「EMA」之「VT」 工程設計與應用：後懸吊扭曲管件結構



結合「CAE」與「EMA」之「VT」 工程設計與應用：振動平台之設計變更



4. 虛擬試驗於設計驗證及產品認證之應用

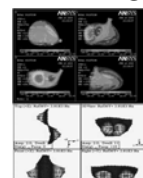
- 4.1-高爾夫球具整合設計開發
 - 砲擊測試、COR、打擊聲音
- 4.2-自行車之整合設計開發
 - Safety evaluation, Light weight, Ride quality, etc.
- 4.3-迴轉式壓縮機之異音診斷與改善
 - Component Level → System Level

What is your "product" ?

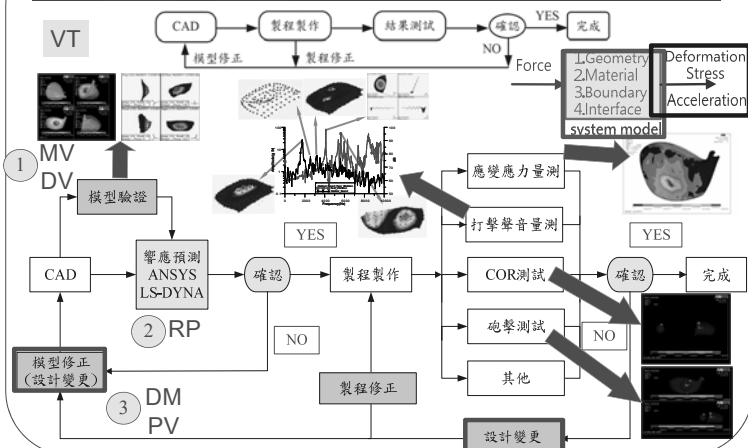


4.1- 高爾夫球具整合設計開發

- Feedback與Solution
 - Feedback (IoT) :
 - 揮擊聲音好聽的球桿
 - 手感好的球桿
 - 其他
 - Solution (CPS) :
 - Analytical approach
 - Experimental approach
- Domain knowledge
 - 砲擊測試：測試規範
 - COR測試
 - USGA: COR < 0.830
 - 打擊聲音
 - Other test specifications
- Fundamental knowledge
 - Vibration
 - Sound



4.2-自行車之整合設計開發



- Feedback與Solution
 - Feedback (IoT) :
 - Ride quality
 - Light weight
 - Safety
 - 其他 ?
- Domain knowledge
 - EN14764: **City and Trekking Bicycles** - Safety Requirements and Test Methods
 - prEN14766: **Mountain Bicycles** - Safety Requirements and Test Methods
 - Fundamental knowledge
 - Shock/Vibration/Dynamic

Solution (CPS) :

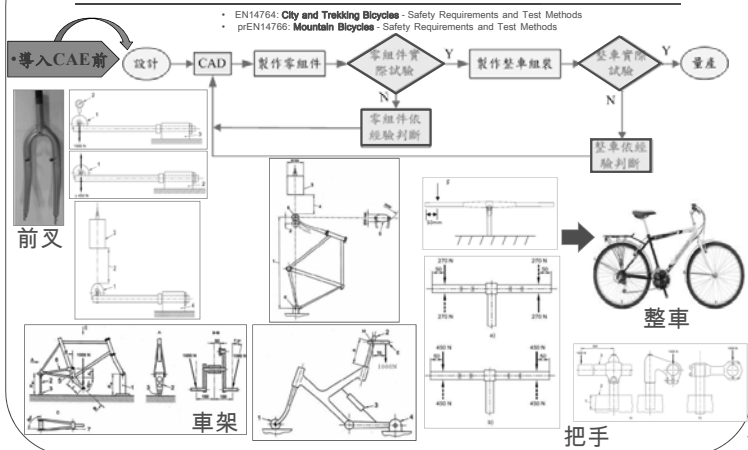
- Analytical approach
- Experimental approach



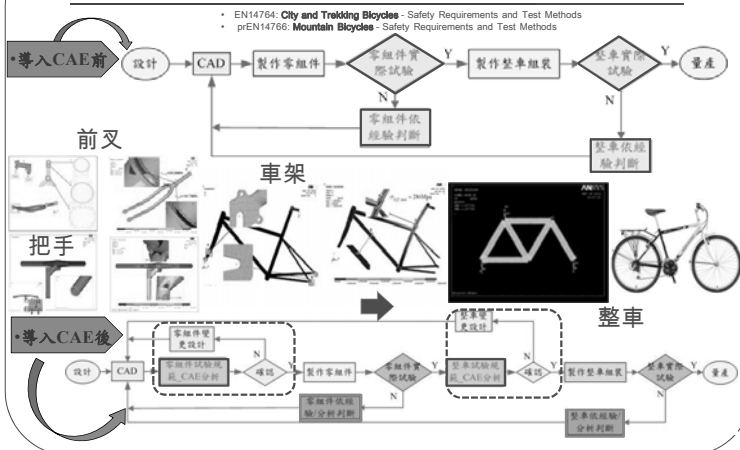
時程	課程大綱	講師
08:30~09:00	報到	
09:00	工業4.0與先進規劃系統 (1) 工業4.0 (Industry 4.0) (2) 創新與工業企業 (Innovation & IEF) (3) 未來工廠與基於IT的智能制造 (IF & ICT-enabled intelligent manufacturing)	王立志 學銓：The Ohio State University
12:00	(4) 廣度規劃：先進計劃與模擬 (Manufacturing excellence: Advanced Planning and Simulation)	周治：東莞大學 工業工程與資訊管理學院教授、 院務委員

http://www.tbnet.org.tw/index.php?option=com_content&view=article&id=533:40&catid=4:runride-news&Itemid=29

自行車設計分析開發流程圖：w/o CAE

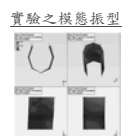
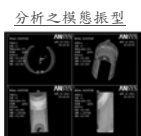


自行車設計分析開發流程圖：with CAE



4.3-迴轉式壓縮機之異音診斷與改善

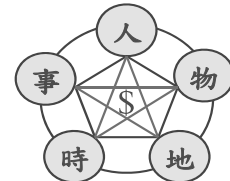
- **Feedback與Solution**
 - **Feedback (IoT) :**
 - 壓縮機有異音
 - 單機→空調機系統
 - 其他
 - **Domain knowledge**
 - 壓縮機運轉原理
 - 電機/熱力循環/壓縮缸
 - Other test specifications
 - **Fundamental knowledge**
 - Vibration
 - Sound
 - Structure related
 - Flow induced
 - Motor excitation



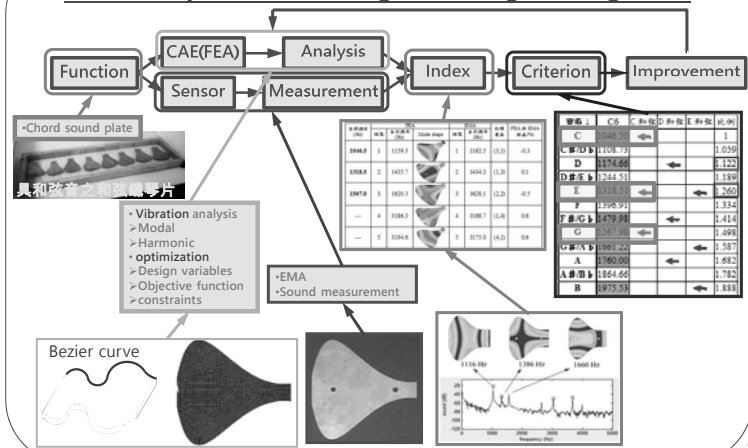
How to perform “Engineering Design” ?



- Function：功能/目的
 - Approach
 - Analytical approach：分析
 - CAE
 - Analysis
 - Experimental approach：實驗
 - Sensor
 - Measurement
 - Index：評估指標
 - Value → Criterion：先有【數值】→再有【標準】
 - Improvement：改善作業
- 

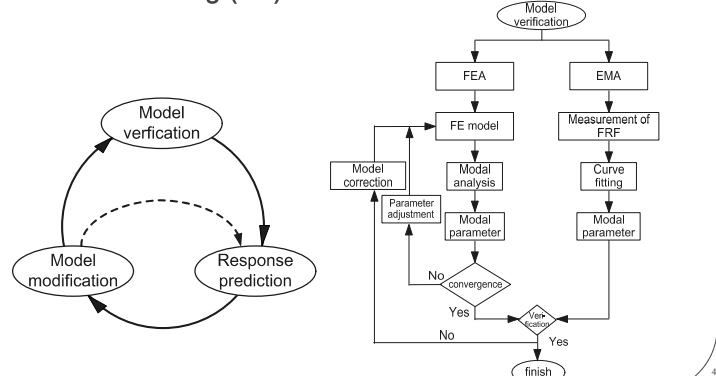


How to perform “Engineering Design” ?



5. 虛擬試驗技術的整合應用與未來發展

- Virtual Testing (VT)
- Model verification

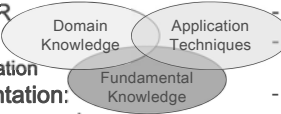




車體結構：

UV 車架結構之輕量化變更設計

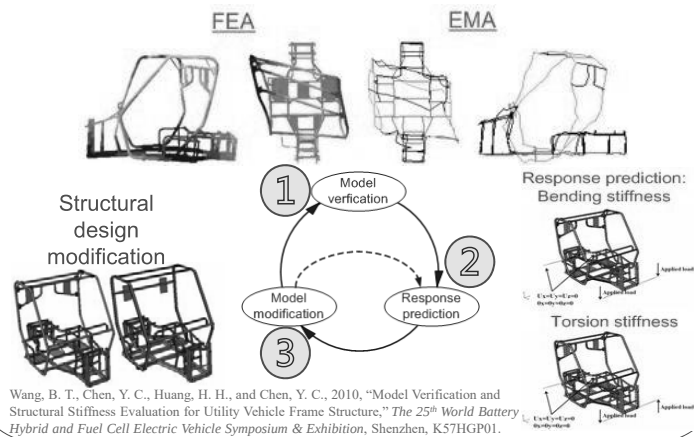
- Domain Knowledge
 - 車輛產業背景
 - 車架結構 / 底盤 / 輪胎 ...
 - 車輛動力學
 - 加速 / 操控 / 行駛品質 / 煞車...
 - 振動 / 碰撞 / 噪音
 - NVH: noise, vibration, harshness
 - BSR: buzz, squeak, rattle
- Fundamental Knowledge
 - NVH, BSR
 - CAE
 - Optimization
 - Instrumentation:
 - analyzer, acc., mic.
 - Signal Processing
- Application techniques
 - 結構模態分析
 - CAE
 - EMA (P-Test)
 - 結構簡諧響應分析
 - CAE
 - EMA
 - 聲音量測與分析
 - R-Test
 - 結構最佳化分析
 - 模型驗證 / 設計驗證
 - MV / DV
 - 產品認證
 - PV



49

UV車架虛擬測試

結構變更設計流程

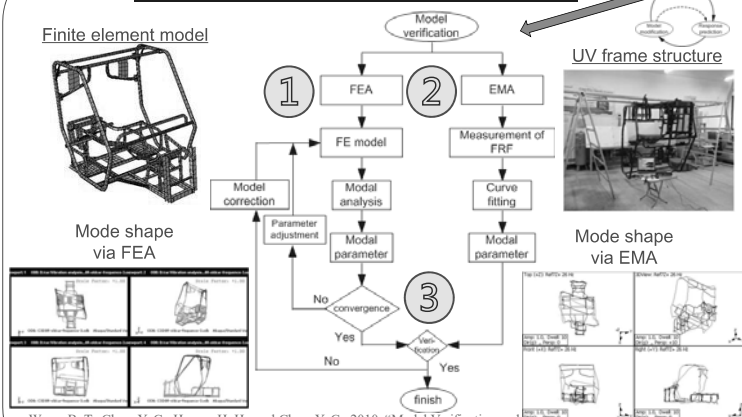


Wang, B. T., Chen, Y. C., Huang, H. H., and Chen, Y. C., 2010, "Model Verification and Structural Stiffness Evaluation for Utility Vehicle Frame Structure," The 25th World Battery Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exhibition, Shenzhen, K57HGP01.

50



UV車架虛擬測試：模型驗證

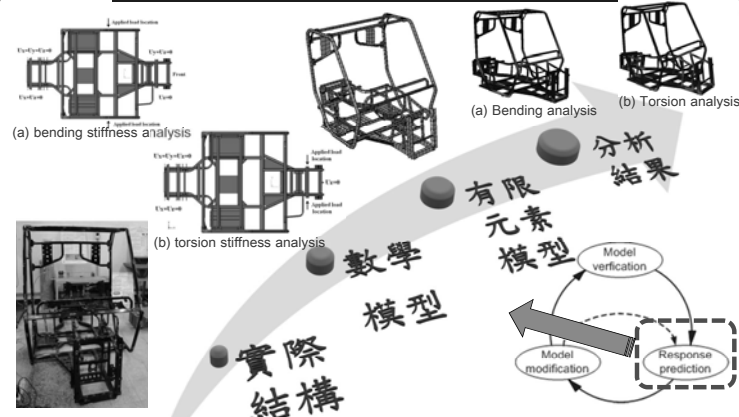


Wang, B. T., Chen, Y. C., Huang, H. H., and Chen, Y. C., 2010, "Model Verification and Structural Stiffness Evaluation for Utility Vehicle Frame Structure," The 25th World Battery Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exhibition, Shenzhen, K57HGP01.

51



UV車架虛擬測試：響應預測分析

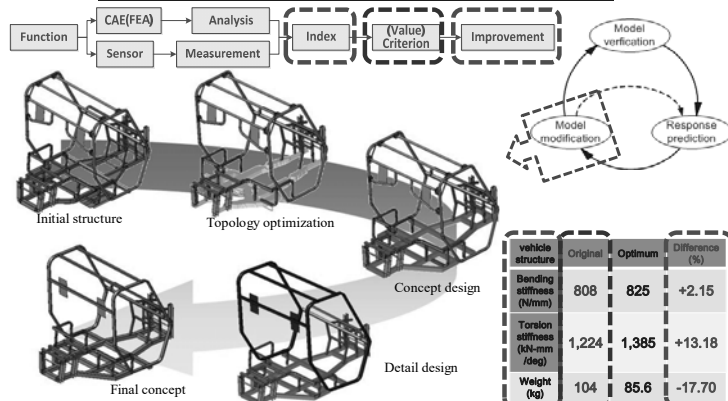


Wang, B. T., Chen, Y. C., Huang, H. H., and Chen, Y. C., 2010, "Model Verification and Structural Stiffness Evaluation for Utility Vehicle Frame Structure," The 25th World Battery Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exhibition, Shenzhen, K57HGP01.

52



UV車架虛擬測試：結構變更設計



Vehicle structure	Original	Optimum	Difference (%)
Bending stiffness (N/mm)	808	825	+2.15
Torsion stiffness (N-m/mm/deg)	1,224	1,385	+13.18
Weight (kg)	104	85.6	-17.70

Wang, B. T., Chen, Y. C., Huang, H. H., and Chen, Y. C., 2010, "Model Verification and Structural Stiffness Evaluation for Utility Vehicle Frame Structure," The 25th World Battery Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exhibition, Shenzhen, K57HGP01.

53



WHAT goals? 推動【工業4.0】

【以振動噪音技術為例】要達到甚麼目標？

• (1) 終極目標

- 振動/聲音目標導向的【功能性】產品：
- 抗震/耐震/耐撞擊/高壽命的【安全性】產品：
- 振動/聲音目標導向的【好性能】產品：
- 低噪音低振動的【高品質】產品：
- 具【可靠度】產品：
- 有【品牌】產品：

• 【功能性】【安全性】【好性能】【高品質】【可靠度】



Think: 我公司的產品在不同設計層次的終極目標？

54



WHAT goals? 推動【工業4.0】

【以振動噪音技術為例】要達到甚麼目標？

• (2) 過程目標：

- Fundamental knowledge → Domain knowledge
- Both analytical & experimental techniques
- What goals to achieve?
 - 人才培育(振動/噪音/CAE工程師)
 - 技術能力(基礎/應用)
 - 工具應用(軟體/硬體)
 - 軟體：分析模擬(仿真)
 - 硬體：量測/測試/實驗



- 行政院於6月4、5日辦理「生產力4.0科技發展策略會議」，毛治國院長在開幕會議中表示：台灣將藉由「生產力4.0」建構與轉移。
- 兩大目標
 - ✓ 政府帶領加速產業創新加值轉型
 - ✓ 提供國際市場嶄新的產品與服務
- 三大主軸
 - ✓ 關鍵技術自主化
 - ✓ 擴大企業連結
 - ✓ 加強人才培育

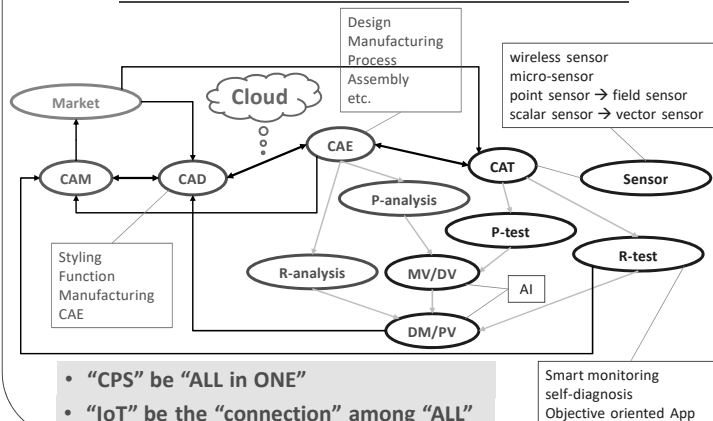
經濟部工業局吳明機局長，2015.10.06：生產力4.0推動策略與未來展望
圖片來源：<http://www.ctci.org.tw/public/Attachment/51014162071.pdf>

55



在工業4.0精神下

虛擬試驗技術的整合應用與未來發展



• "CPS" be "ALL in ONE"

• "IoT" be the "connection" among "ALL"

Smart monitoring
self-diagnosis
Objective oriented App

56



6. 結論

- 工業4.0或是我國推動的生產力4.0為熱門的議題，
 - 其涵蓋的主題與內涵相當廣泛，發展的理念也尚在成長蛻變之中工業4.0的精神，本文提出：
 - IoT=Feedback, CPS=Solution
 - 可以對應在各種不同產業以及產品的開發設計與生產製造。
- 本文提出分析技術與實驗技術整合應用的虛擬試驗(VT)理念架構與實施模式
 - 並以產學合作實務案例作探討分享
- 主題包括：
 - 結合工業4.0精神的產品開發流程
 - 產品開發的六個工程設計層次
 - 結合分析與實驗驗證的工程設計專案流程
 - 虛擬試驗於目標導向之分析與實驗解析程序
 - 虛擬試驗技術在工程實務案例的應用
- 提出在工業4.0精神下虛擬試驗技術的整合應用與未來發展

57

7. 誌謝

- 本文的發想在於推動科技部補助的產學小聯盟計畫
 - 有感於產業對振動噪音技術之需求
 - 普遍對分析與實驗工具及應用方法的諮詢
 - 因而有此篇報告的規劃構想
 - 特此致謝科技部
 - 計畫編號：MOST 105-2622-8-020-001-TE3
 - 計畫名稱：振動噪音產學技術聯盟
- 也感謝PMMT主席鄒國益教授的邀請，促成本篇報告的完成。

58

敬請指教

Thank you for your attention!

「振動噪音產學技術聯盟」

Academia Industry Technology Alliance for Noise, Vibration and Harshness (AITA/NVH)

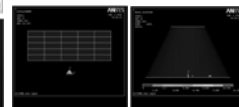
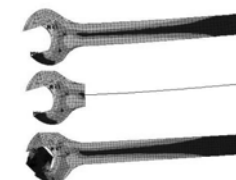
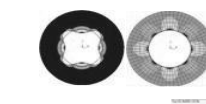


服務：深入業界專業服務
創新：創意發想如山壯大
深耕：組織堅固信賴深耕
傳承：振動波般永續傳承

59

For “CAE”

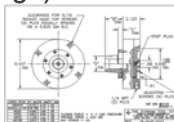
- CAD → CAE → CAT
- From static to vibration/dynamic analysis
- Coupling analysis
 - Thermal-structural analysis
 - Fluid-solid interface coupling analysis
 - Others ?



60

What CAD correlates with CAE ?

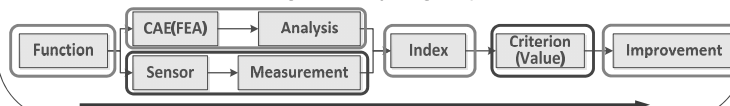
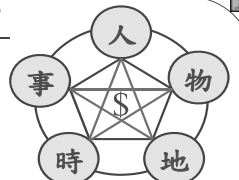
- Purposes of CAD (Computer Aided Design)
 - Styling 造型設計
 - Function 功能設計
 - Manufacturing 製造加工
 - CAE應用分析
- Important concept in CAD application
 - Geometry model
 - Point → Line → Area → Volume
 - How to build up the geometry model ?
 - Solid Modeling
 - Bottom up approach
 - Top down approach
- Relation between CAD and CAE
 - CAD ↔ CAE (Computer Aided Engineering)



61

What is “CAE” ? CAE's Value

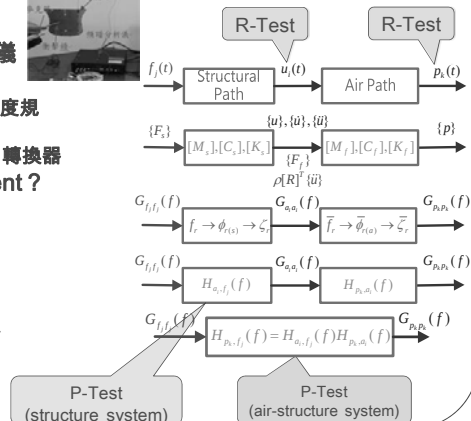
- CAE for engineering analysis
 - Software → Technique
 - Engineer → Knowledge/Technology
- What should be CAE Engineer's abilities ?
 - Can define the purpose of the analysis 【function】
 - Can do analysis by CAE software 【CAE technique】
 - Can understand what he is doing 【knowledge】
 - Can evaluate why he is doing 【index → value】
 - Can correlate to experimental verification 【value → criterion】
 - Can help how to improve the product 【improvement】
 - Can know how to do right in every stage 【procedure】



62

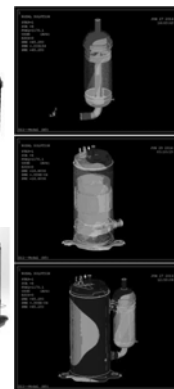
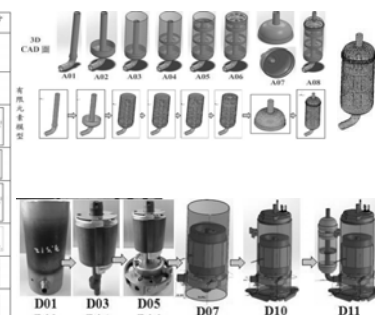
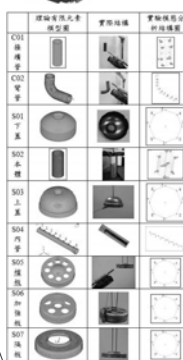
For “Instrumentation” in N&V

- Hardware
 - Analyzer 頻譜分析儀
 - Sensor 感測器：
 - Accelerometer 加速度規
 - Microphone 麥克風
 - Force transducer 力轉換器
- Advanced equipment ?
- Types of tests
 - R-test
 - P-test
- Signal processing
 - Time → Frequency



63

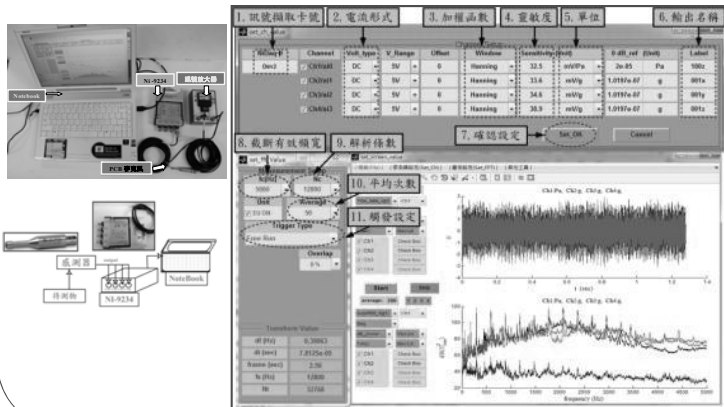
Application of EMA to Validate FE model for Diagnosis and Structural Design



64

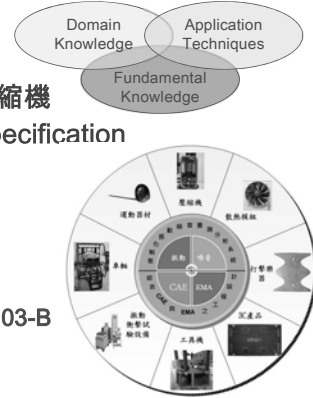
聲音振動量測模組

Sound and Vibration Measurement (SVM) Program



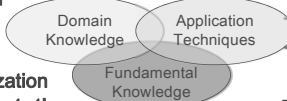
Domain Knowledge & Application Techniques

- 樂器開發：
- 電腦風扇噪音線上檢測
- 壓縮機：迴轉式/雙螺旋桿壓縮機
- 高爾夫球桿：COR、Test specification
- 車架結構之輕量化變更設計
- 車輛行駛品質：ISO 2631
- 振動試驗：MIL 810-G
- 工具機/切削顫震穩定圖
- 印刷電路板測試：JESD22-B103-B
- 緩衝材動態剛性：ISO 9052-1



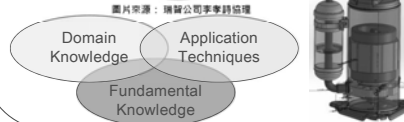
樂器開發： 和弦鐵琴片之開發設計

- Domain Knowledge
 - 樂理
 - 音階 → 音階標準頻率
 - 和弦：三和弦(Triad)，例如：
 - 大三和弦，CM → Do, Mi, So
 - 音色：基音與泛音
 - 打擊樂器發聲原理與機制
- Fundamental Knowledge
 - Vibration
 - Sound
 - CAE
 - Optimization
 - Instrumentation:
 - analyzer, acc., mic.
 - Signal Processing
- Application techniques
 - 結構模態分析
 - CAE
 - EMA (P-Test)
 - 結構簡諧響應分析
 - CAE
 - EMA
 - 聲音量測與分析
 - R-Test
 - 結構最佳化分析
 - 模型驗證 / 設計驗證
 - 產品認證
 - MV / DV
 - PV



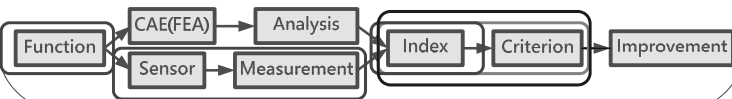
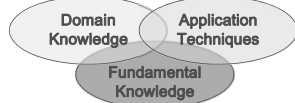
冷媒壓縮機： 迴轉式壓縮機之異音診斷與改善

- Domain Knowledge
- Fundamental Knowledge
 - 冷媒壓縮機的關聯知識
 - 噪音學
 - 機電 材料
 - 振動學
 - 電機機械
 - 機械製造及自動化
 - 熱學
 - 有限元素法
 - 機械設計
 - 材料力學
 - 工程圖學
 - 流體力學
- Application techniques
 - 聲音/振動量測與分析
 - R-Test (noise & vibration)
 - 結構模態分析
 - CAE
 - EMA (P-Test)
 - 結構簡諧響應分析
 - CAE
 - EMA
 - 模型驗證
 - MV
 - 噪音/振動診斷技術
 - N&V diagnosis
 - 改善驗證
 - DV / PV

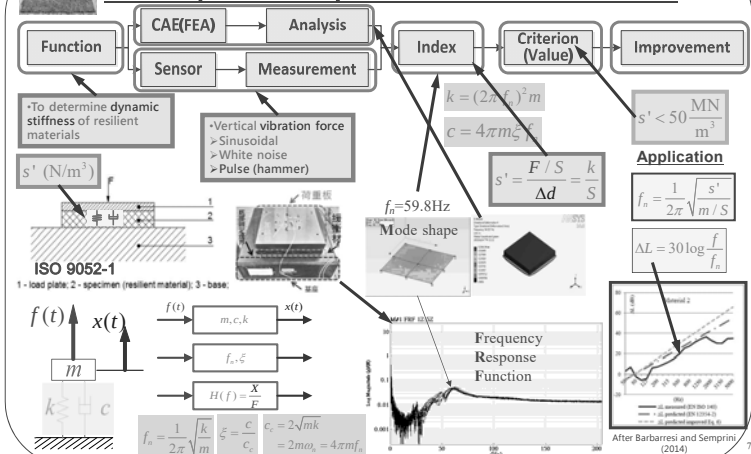


6.3-法規/標準/規範

- 法規：
 - Law / Regulation / Rule
- 標準/規範：Standard
 - ISO / EN / JIS / DIN / BS / SAE / CNS / ANSI / ASTM
- 規範/規格：Specification
 - Test method
 - Apparatus / Instrument
 - Index → Criterion
- 允收標準
 - Acceptance Criterion

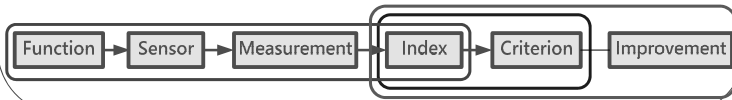
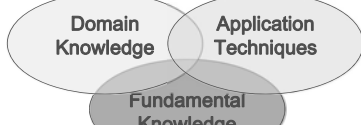


Example to Implement "ISO 9052-1"

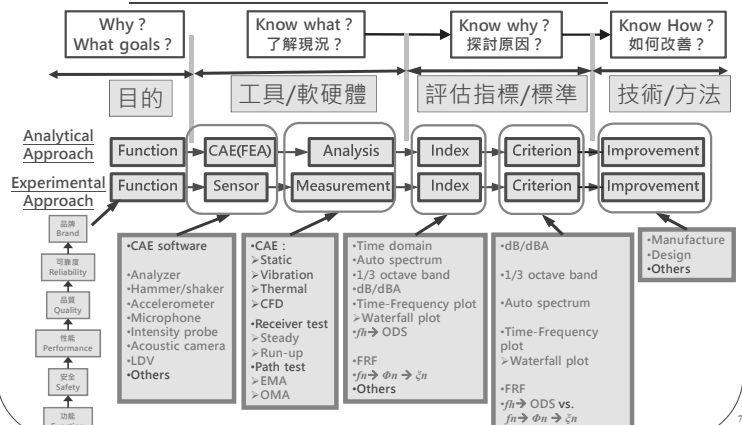


“標準”與“法規/規格/規範”之關係？

- Standard 標準，例如：ISO 9052-1
 - Function
 - Sensor
 - Measurement
 - Index
- Regulation 法規
 - Index → Criterion
- Specification 規格/規範
 - Standard
 - Index → Criterion → Improvement



6.4-基於【振動噪音】需求 執行【產品改善】專案之思考流程





6.6-產學研發之【五個導向研究】

- **【技術】導向研究**
- (Technology Oriented Research, TOR)
- **【產品】導向研究**
- (Product Oriented Research, POR)
- **【智財】導向研究**
- (Intellectual Property Oriented Research, IPOR)
- **【商品】導向研究**
- (Merchandise Oriented Research, MOR)
- **【創業】導向研究**
- (Venture Oriented Research, VOR)



- 教師研究規劃
- 專題/碩博士論文研究規劃
 - Road Map技術路徑圖
 - Business model商業模式

73

在工業4.0精神下

虛擬試驗技術的整合應用與未來發展

- CAD
 - Styling 造型設計
 - Function 功能設計
 - Manufacturing 製造加工
 - CAE應用分析
- CAE ↔ CAD :
 - Protocol between CAD and CAE as well as CAM & CAT
 - CAE for design, manufacturing, process, assembly, etc.
- CAE ↔ CAT :
 - Automatic links between analysis and test
 - Automatic model updating, design verification, product validation
- MV/DV → RP → DM/PV
 - to be implemented with artificial intelligence (AI)

74



在工業4.0精神下 虛擬試驗技術的整合應用與未來發展

- CAT : sensor, internet transmit, cloud storage
 - Sensing techniques:
 - wireless sensor
 - micro-sensor
 - point sensor → field sensor
 - scalar sensor → vector sensor
 - Smart monitoring system
 - self-diagnosis system
 - Objective oriented App system
- Market → CAD ↔ CAE ↔ CAT ↔ CAM
 - “CPS” be “ALL in ONE”
 - “IoT” be the “connection” among “ALL”

75



8. 參考文獻

1. 苗坤齡，台灣地區勞動市場失業與缺工問題之研究，行政院主計處，1998
2. 行政院，行政院生產力 4.0 發展方案-民國 105 年至民國 113 年(核定本)，2015
3. J. E. Lincoln, Medical Device Product Verification and Validation, Journal of Validation Technology, pp. 59-64, Spring, 2010
4. A. T. M. J. M. Huizinga, M. A. A. Van Ostaijen, G. L. Van Oosten Slingeland, A Practical Approach to Virtual Testing in Automotive Engineering," Journal of Engineering Design, Vol. 13, No. 1, pp. 33-47, 2002
5. <http://rvantage.net/internet-of-things-smart-manufacturing-the-era-of-industry4-0/> (accessed on 2016/ 04/01)
6. 中華民國品質學會，可靠度工程與管理手冊，三民書局，2011
7. USGA, Procedure for Measuring the Velocity Ratio of a Club head for Conformance to Appendix II, (5a.), United States Golf Association, Revision 3. January 1, 2002
8. http://golf.about.com/cs/golfterms/g/bldef_cor.htm (accessed on 2016/04/01)
9. 王栢村，謝明輝，和弦鐵琴片之聲音特性與設計分析，中華民國音響學會第二十二屆學術研討會，論文編號：A005，2009
10. B. T. Wang, Y. C. Chen, H. H. Huang, Y. C. Chen, Model Verification and Structural Stiffness Evaluation for Utility Vehicle Frame Structure, The 25th World Battery Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exhibition, Shenzhen, K57HGP01, 2010

76