



工業技術研究院

Industrial Technology  
Research Institute

# 薄型伺服動力模組技術

楊涵評

機械所 / 先進馬達技術部

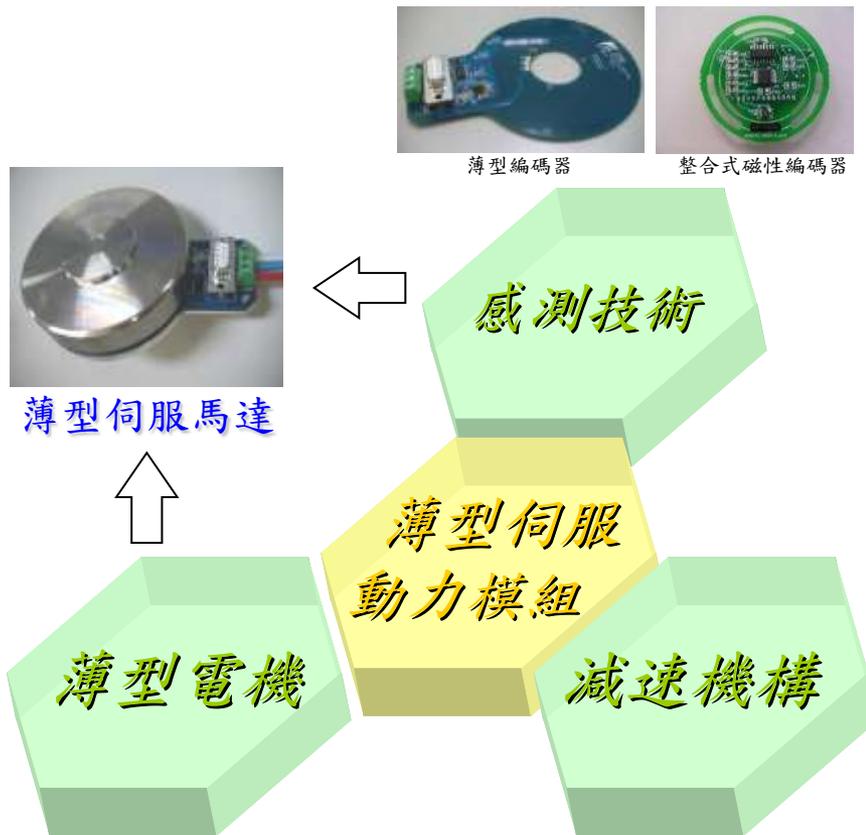
地址: 新竹縣竹東鎮中興路4段195號11館

電話: 03-5915922 傳真: 03-5910324

信箱: hanping\_yang@itri.org.tw



# 三大核心技術



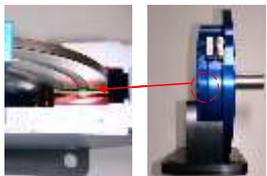
薄型編碼器



整合式磁性編碼器



薄型伺服馬達



FluxMerge™: Slim Motor Technology



軸向雙氣隙感應馬達\*



徑向永磁電機



薄型動力模組

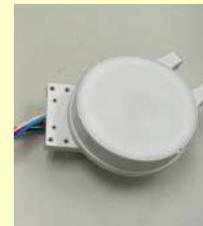


渦桿渦輪減速機



行星式減速機

## 薄型伺服動力模組



薄型伺服馬達+  
諧和式減速機



薄型伺服馬達+  
行星式減速機



諧和式減速機\*\*

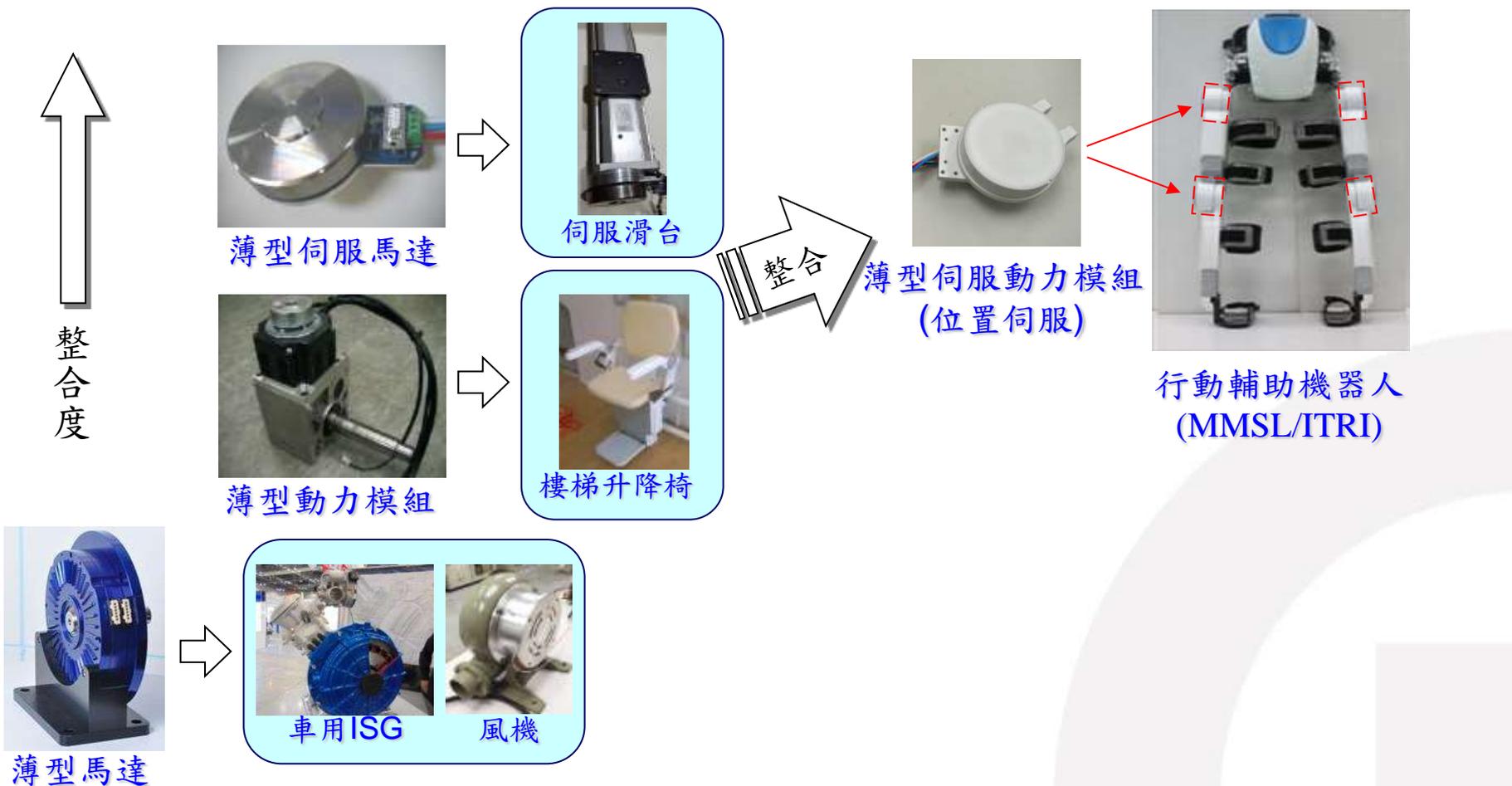
資料來源: HDSystems

\*合作開發; \*\*外購



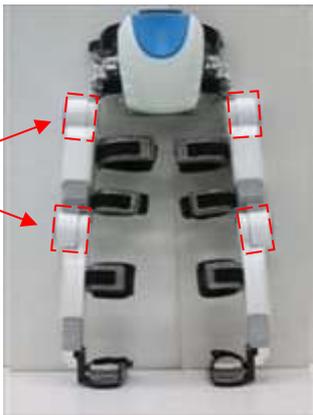
# 技術發展與應用

## • 元件⇒次系統/系統



順應型動力模組

整合力量感測



行動輔助機器人 (MMSL/ITRI)



# 薄型伺服動力模組技術

- 薄型電機設計

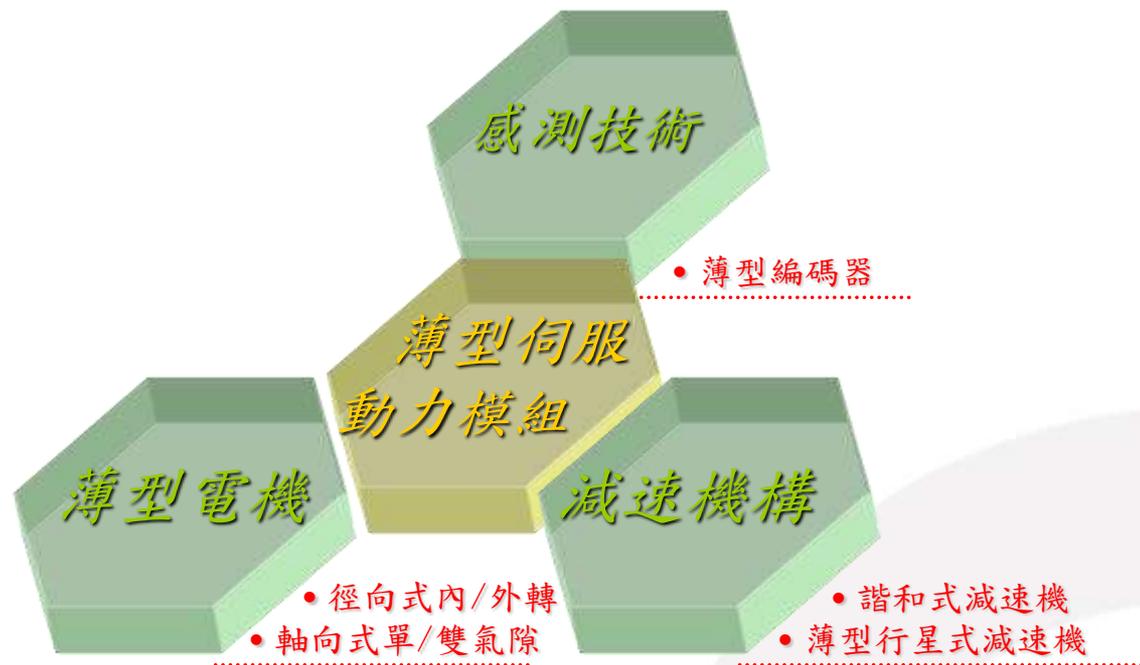
- 徑向電機
- 軸向電機

- 薄型感測技術

- 位置感測

- 薄型減速機構

- 行星式減速機
- 諧和式減速機

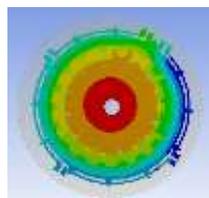




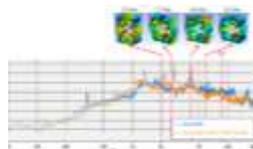
# 徑向薄型電機設計

## • ISG車用電機設計

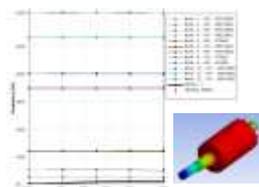
- 11kW內轉式IPM
- $\Phi 310 \times 85$  mm (L/D: 0.27)
- 高溫退磁分析
- 定子散熱分析
- 整合軸上編碼器



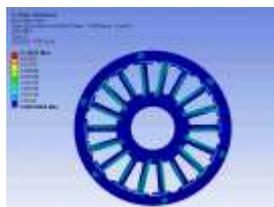
※電機溫度分佈



※電機噪音來源分析



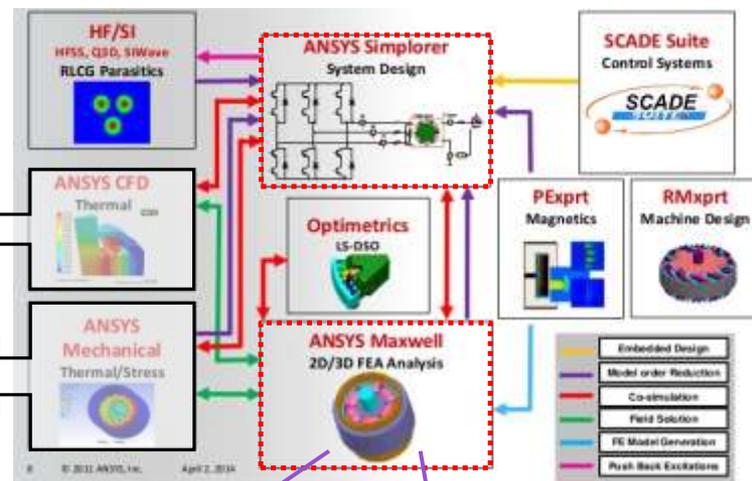
轉子動力



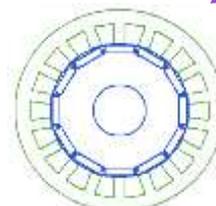
應力/應變分析

## • 伺服電機設計

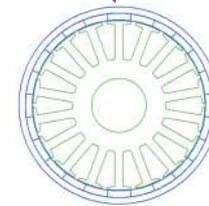
- 110W外轉式SPM
- $\Phi 90 \times 27$  mm (L/D: 0.3)
- 整合離軸編碼器



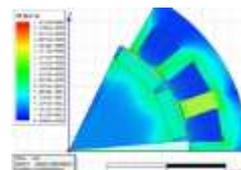
資料來源: ANSYS



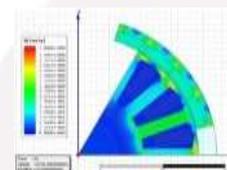
內轉式設計



外轉式設計



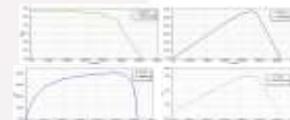
磁通分析



磁通分析



退磁分析



四大曲線



# 軸向薄型電機設計

## • 軸/徑向差異

### • 薄型化優勢

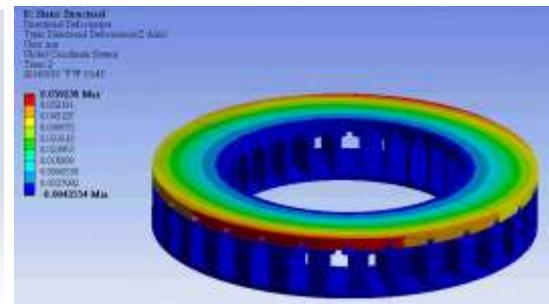
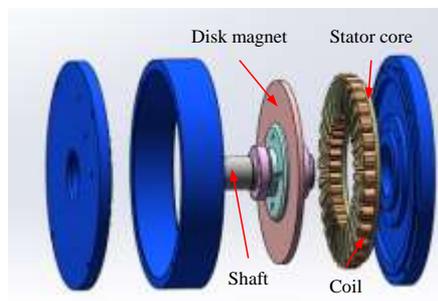
$$A_{axial} = \frac{1}{4}\pi(D_o^2 - D_i^2)$$

$$A_{radial} = \pi D_o L$$

## • 單氣隙設計考量

### • 不平衡的軸向吸力

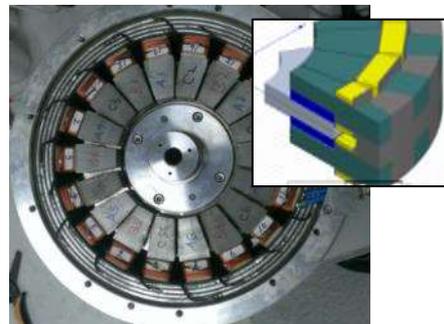
- 機構變形
- 止推軸承/軸承預壓
- 組裝治具



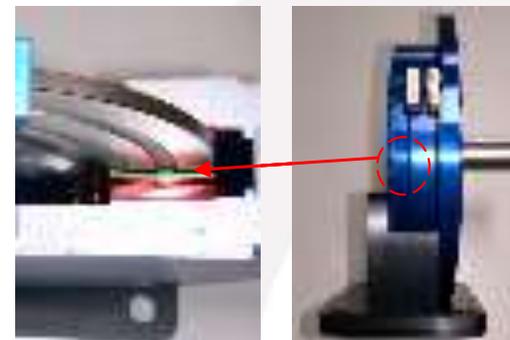
## • 雙氣隙設計考量

### • 平衡軸向吸力

- 對稱及公差控制
- 氣隙控制
- 組裝治具



C型雙氣隙定子設計

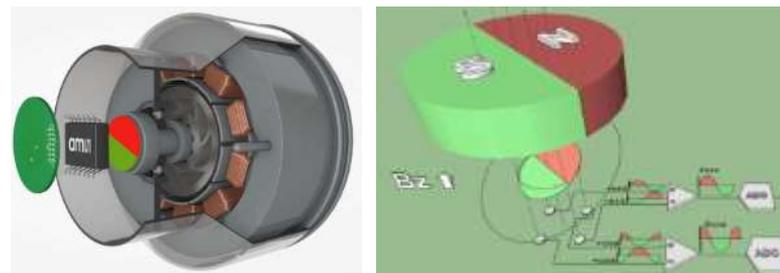


FluxMerge™: Slim Motor Technology



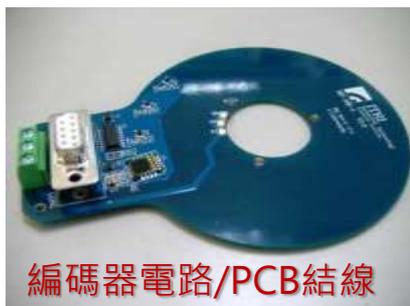
# 薄型位置感測技術

- 磁場感測原理
  - 軸上式設計(on-axis)
  - 離軸式設計(off-axis)

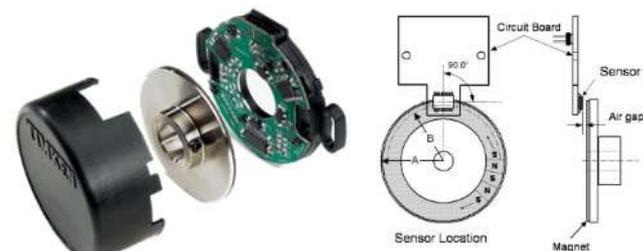


軸上式磁性感測器, 資料來源: AMS

- 磁感應原理
  - 鐵磁性材料
  - 導電性材料



編碼器電路/PCB結線

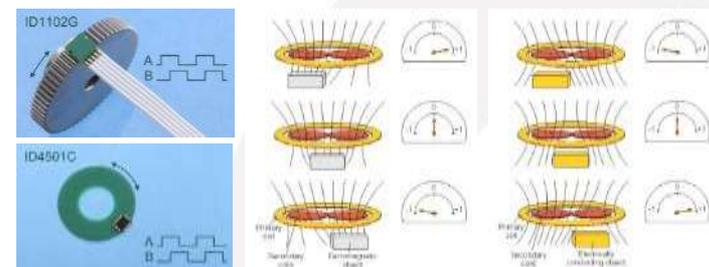


離軸式磁性感測器, 資料來源: Timken

- 機構整合考量
  - 氣隙控制
  - 環境耐受力



PCB碼盤



離軸式磁感應感測器, 資料來源: POSIC

# 薄型減速機構

## • 行星齒輪

• 太陽輪, 行星輪/架, 環齒輪

• 轉速關係:  $\omega_{arm} = \frac{1+2r_i}{2(1+r_i)} \omega_{sun} + \frac{1}{2(1+r_i)} \omega_{ring}$ ,  $r_i = \frac{r_{planet}}{r_{sun}}$

• 單段效率 > 95%

• 減速比與輸出/入組合

▪ 一段減速比: ~10

▪ 兩段減速比: ~100

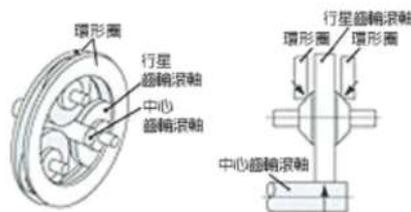
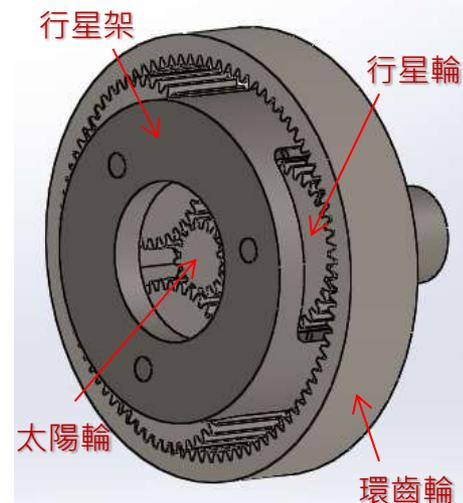
• 設計變化多樣

▪ 磁性齒輪

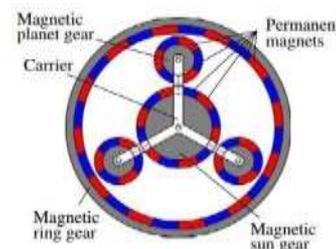
▪ 摩擦輪

種類	輸出	輸入	減速比	效率	備註
行星	行星架	太陽輪	1.5~10	0.95~0.98	行星架 太陽輪
行星	行星架	環齒輪	1.5~10	0.95~0.98	行星架 環齒輪
行星	行星架	行星輪	1.5~10	0.95~0.98	行星架 行星輪
行星	行星架	行星輪	1.5~10	0.95~0.98	行星架 行星輪
行星	行星架	行星輪	1.5~10	0.95~0.98	行星架 行星輪
行星	行星架	行星輪	1.5~10	0.95~0.98	行星架 行星輪
行星	行星架	行星輪	1.5~10	0.95~0.98	行星架 行星輪
行星	行星架	行星輪	1.5~10	0.95~0.98	行星架 行星輪
行星	行星架	行星輪	1.5~10	0.95~0.98	行星架 行星輪
行星	行星架	行星輪	1.5~10	0.95~0.98	行星架 行星輪

資料來源: 行星齒輪系之介紹



資料來源: 牽引驅動系統, Shimpo



資料來源: How do magnetic gears work?



Φ124x25 mm, 減速比: ~6.3

# 薄型減速機構

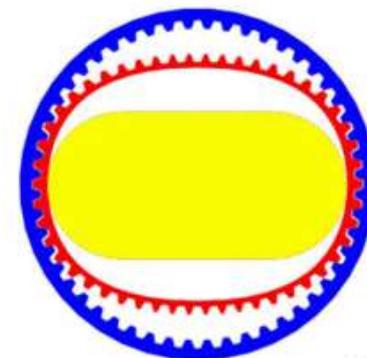
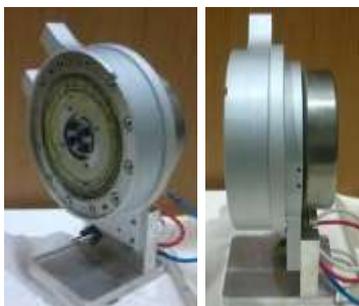
## • 諧和式減速機構

- 鋼輪(circular spline )
- 撓性杯(flex spline )
- 波產生器(wave generator )

• 減速比=  $\frac{\text{撓性杯齒數}-\text{鋼輪齒數}}{\text{撓性杯齒數}}$

## • 特點

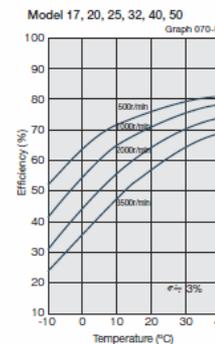
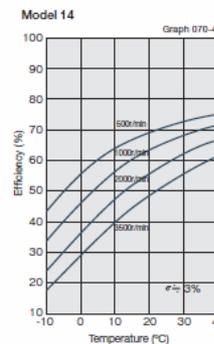
- 重量輕, 減速比高, 背隙小
- 效率 < 70~80%
- $\Phi 115 \times 65$  mm, ~70 N-m, ~2 kg



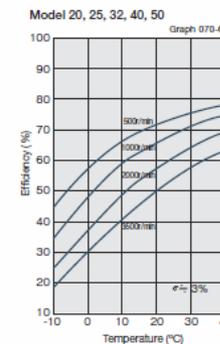
資料來源: [Harmonic drive, Wikipedia](#)



Reduction ratio 100



Reduction ratio 160

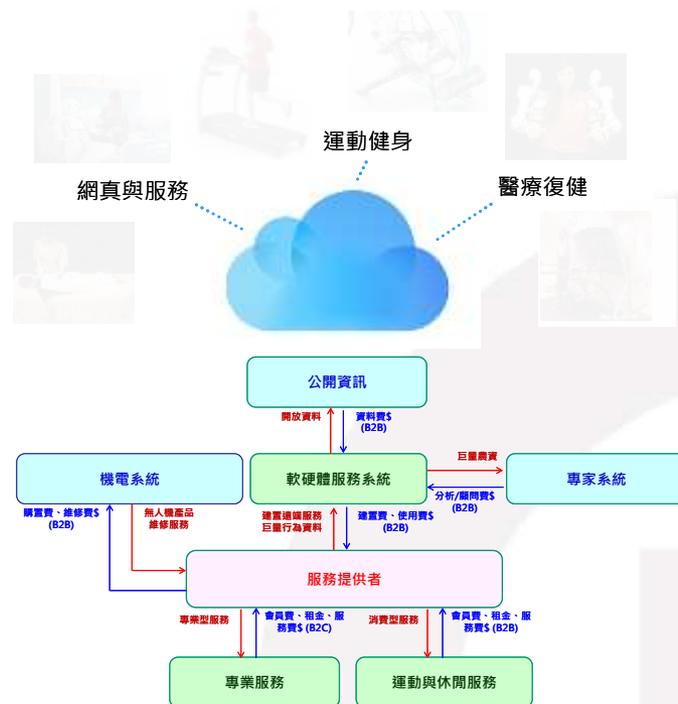
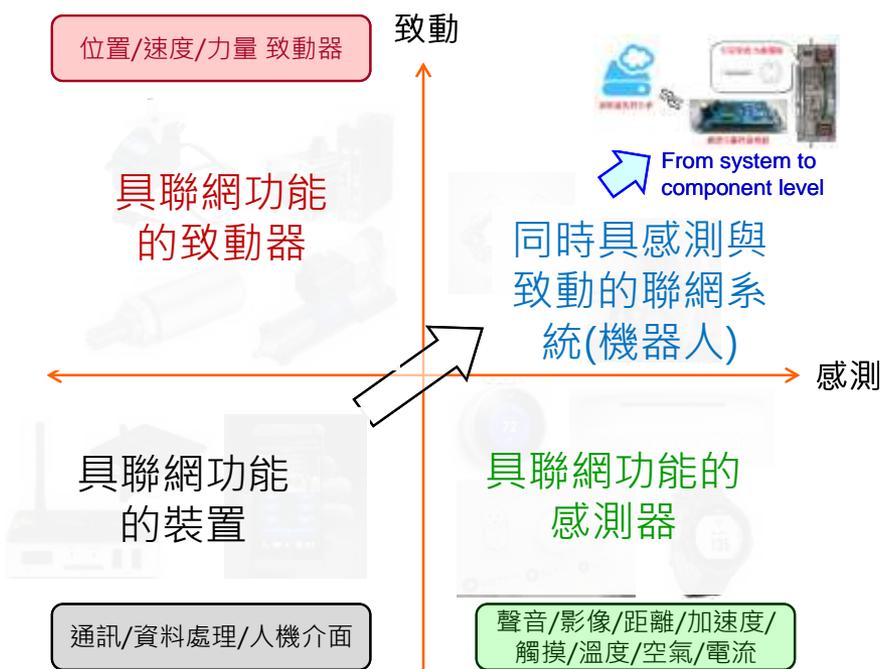


資料來源: Harmonic Drive®, HDSsystems



# 機會與挑戰

- 感測與致動的控制, 由系統⇒元件層級
- 雲端生態體系的建立與服務模式的發展
- 跨領域/專長的合作與分工



※因未取得照片授權, 遮蓋部分圖片 敬請見諒

謝謝