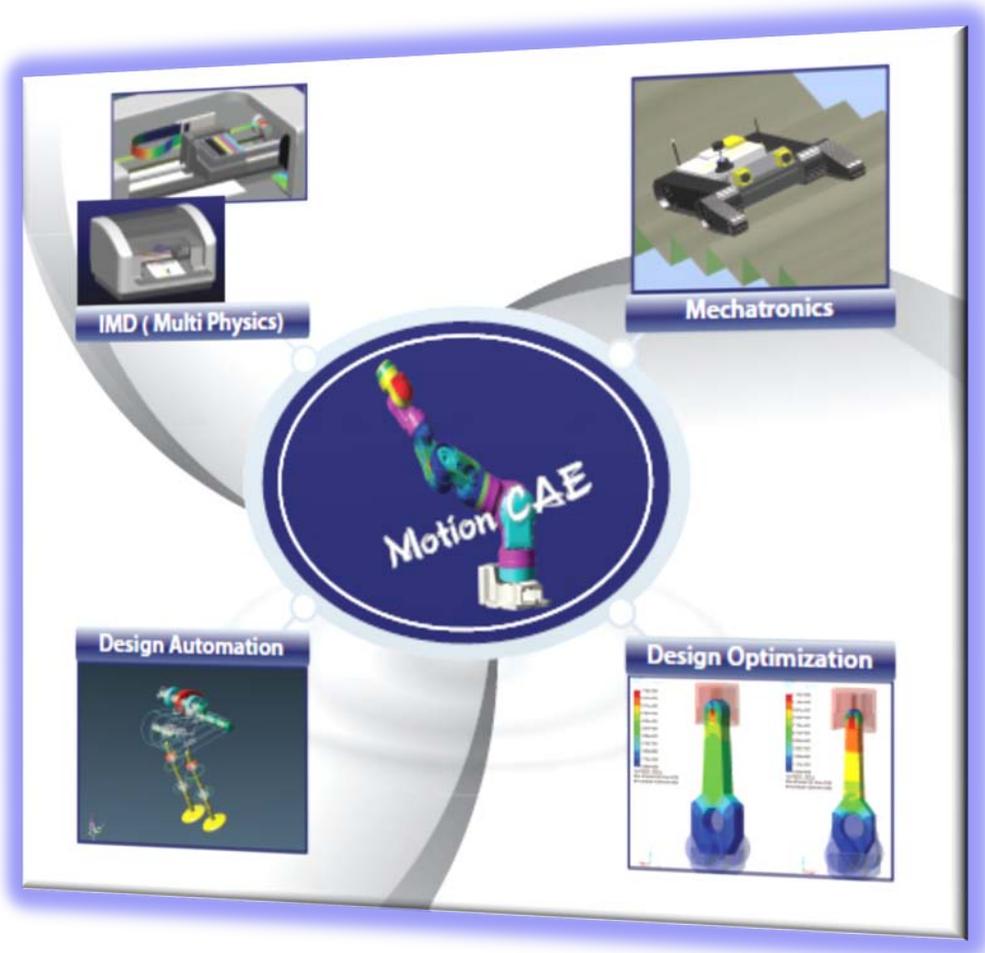




RECURDYN

Multi Body Simulation Software



多科學動力學軟體



FunctionBay, Inc.

CADMEN®

虎門科技股份有限公司

大多數技術的增進是來自於既有技術的改進，倘若舊技術已經無法再上提升，就必須打破舊思維以新架構技術取而代之。

RecurDyn™是多體動力學分析軟體中新技術的最佳代表，它是由FunctionBay Inc.開發出的新一代多體系統動力學模擬軟體。它採用相對座標系運動方程理論和完全遞迴演算法，非常適合於求解大規模的多體系統動力學問題。傳統的動力學分析軟體對於機構中普遍存在的接觸碰撞問題解決不夠完善，這其中包括過多的簡化、求解效率低下、求解穩定性差等問題，難以滿足工程應用的需要。基於此，FunctionBay Inc.充分利用最新的多體動力學理論結合相對座標系和遞迴求解，開發出RecurDyn軟體。RecurDyn具有令人震撼的求解速度與穩定性，成功地解決了機構接觸碰撞中上述問題，大幅拓展了多體動力學軟體的應用範圍。RecurDyn不但可以解決傳統的運動學與動力學問題，同時也是解決工程中機構接觸碰撞問題的專家。

RecurDyn發展至今超過十年，且也是目前唯一可以直接進行完整的多學科動力分析（Multi-Discipline）軟體，不需要整合其他軟體求解器，大幅強化動力學上之分析範圍和擴大需求。RecurDyn基於動態分析特性，提供非線性有限元求解核心、控制分析求解器和最佳化設計環境，傳統多體動力學軟體僅專注於單一學科開發，時至今日的複雜問題無法滿足，因此，RecurDyn打破傳統和提供無「相容性」整合平台給用戶，同時，用戶也可藉由「VSTA平台」開發客製化介面，建立客戶專屬的使用介面和功能。

鑒於RecurDyn的強大求解功能，軟體廣泛應用航空、航太、軍事車輛、軍事裝備、工程機械、電器設備、娛樂設備、汽車卡車、鐵道、船舶機械及其它通用機械等行業。

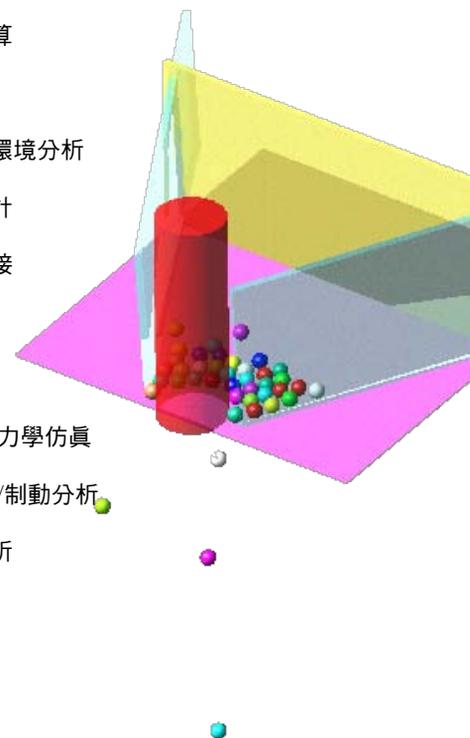
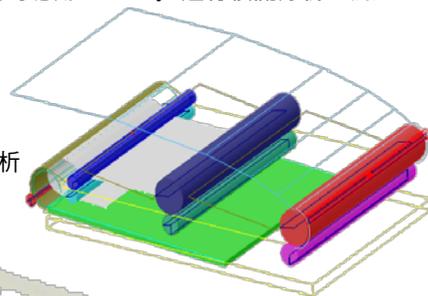
FunctionBay Inc. 公司簡介

成立於1997年，創辦人為Dr. J.H. Choi 和Dr. D.S. Bae，這兩位分別為世界知名多體動力學大師Prof. A.A. Shabana 和 Prof. E. J. Haug 的門徒。RecurDyn 是FunctionBay Inc.所研發和行銷產品名稱。目前業務行銷總部設置於日本東京，技術研究總部設置於韓國首爾。結合世界各地一流專家共同研發新一代多剛柔體動力學的計算核心，目前共有全球7所大學共10個研究實驗室共同參加這樣的技術整合也是前所未有，勝過以往軟體研發團隊陣容，全球的市場佈局也即遍及五大洲。

應用領域

舉凡各種機械裝置均可應用RecurDyn進行模擬分析，例如：

- 洗衣機振動分析
- 高壓/低壓電器開關
- 電機/風扇動平衡分析
- 磁片/光碟驅動機構
- 壓縮機動力學分析
- 列印、複印、傳真機傳送效率
- 列印、複印、傳真機卡紙預測與改進
- 履帶/輪式車輛穩定性分析
- 推土機、挖掘機、壓路機等動力學行為預測
- 零部件和發動機載荷預測與尺寸設計
- 操控人員視野研究
- 電機及其它驅動裝置功率預測
- 振動機衝擊效應
- 包裝機械運動學與動力學模擬
- 履帶式車輛動力學、車輛運動穩定性、過障能力
- 衛星姿態、軌跡動力學
- 太陽能帆板伸展動力學
- 大型伸展機構動力學與控制
- 火箭、導彈發射動力學
- 火箭、導彈彈道計算
- 衛星整流罩拋罩
- 結構動特性、力學環境分析
- 分離、解鎖機構設計
- 飛行器空間交會對接
- 空間機械臂
- 繩系衛星動力學
- 起落架落下/收放動力學仿真
- 整機著陸/地面行走/制動分析
- 飛控系統可靠性分析
- 運動機構載荷計算
- 彈射座椅設計
- 螺旋槳振動分析



1. 遞迴演算法(Recursive Formula Algorithm)

遞迴表達是一種高級計算理論，為動力學研究者廣知，該方法以高計算效率著稱。但是，它僅被個人工具所認識，用於有限的應用，如機器人模擬等。許多研究者認為其演算法程式實現過於複雜，軟體商業化應用的可能性很小。但是現在RecurDyn 已經把不可能變為現實。如今RecurDyn 是唯一擁有完全遞迴方法（嚴格的N次）的商業化軟體。

2. 相對座標系

RecurDyn 採用是相對座標系，比應用絕對座標的其他軟體求解速度快，尤其在求解大規模的、高速及剛性問題上更顯示其功能更強大。

3. 強健的隱式積分器和混合積分器

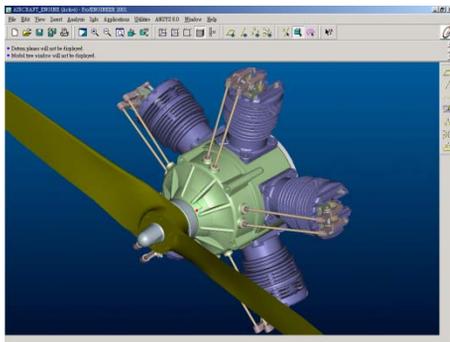
4. 強大的接觸計算能力

- 球對球 (sphere-sphere)
- 球對曲面 (sphere-surface)
- 球對平面 (sphere-inplane)
- 曲面對曲面 (surface-surface)
- 高階曲面對曲面 (extended surface-surface)
- 線對線 (curve-curve)
- 多接觸 (multicontact)

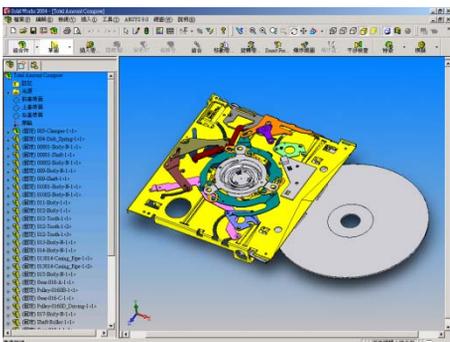
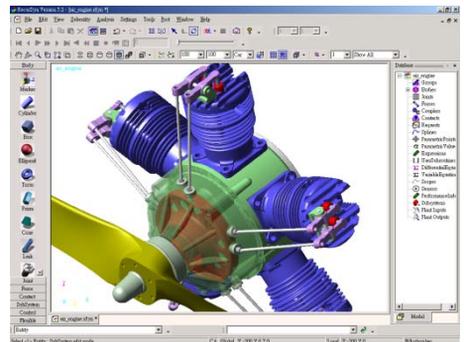
- 接觸分析速度快
- 求解積分器穩健
- 彩現效果逼真
- 求解速度快
- 提供柔性體的接觸功能
- 3D繪圖能力強
- 有圖層功能, 便於零件管理
- 提供送紙機構分析模組
- 內建完整的Design of Experiment (DOE)
- 靈敏度分析
- 滑鼠中間按鍵可直接控制視窗放大縮小
- 操作簡潔

CAD系統諧同整合

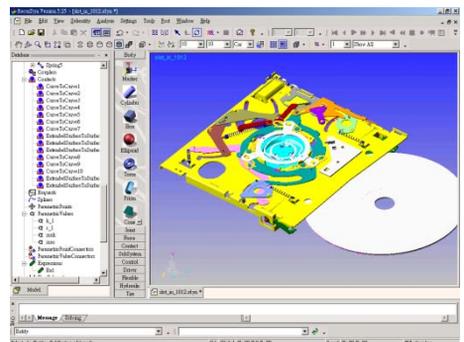
大多數複雜模型會交由專業3D CAD軟體執行，繪製完後直接載入RecurDyn內進行機構動力分析條件定義。基於目前CAD軟體眾多，且常常一家公司內部也有多種CAD軟體。RecurDyn 可支援的檔案格式有IGES,PARASOLID, STEP,SAT,STL和SHELL。



STEP
 →
 一次完成



Parasolid
 →
 一次完成



RecurDyn/Professional軟體 包含模型建構器、求解器及後處理器。它提供許多工具建立一般機械系統常用到的元件如關節(Joint)、力(Force)、接觸(Contact)以及次組件系統。特別力元件包含了所有需要的施力模式，梁(Beam)和板(Plate)非線性有限元素也可應用於大位移之大變形運動問題，對於小變形問題，使用R-Flex套件可以結合有限元素軟體(如ANSYS、Nastran、Abaqus、I-DEAS)，將數據資料輸入到RecurDyn進行計算。

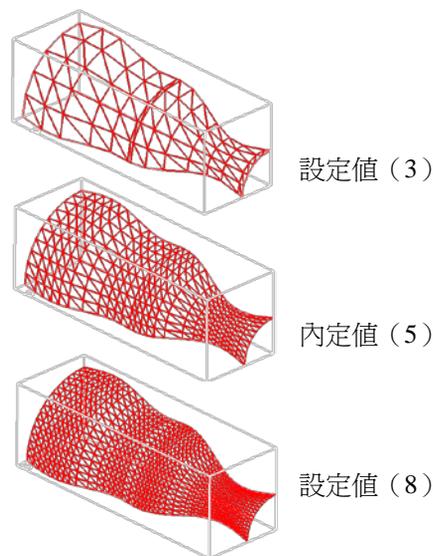
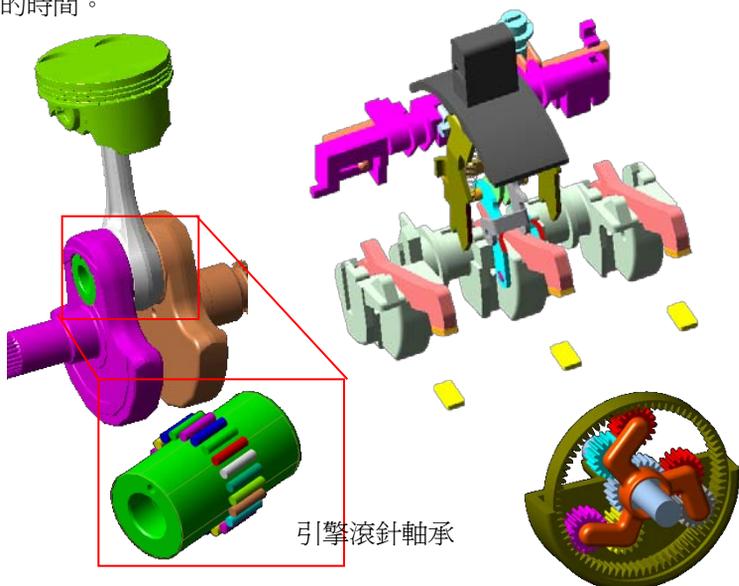


RecurDyn Professional 包含：

1. **Body**
Marker, Cylinder, Block, Ellipsoid, Torus, Prism, Cone, Link, General, Ground
2. **Joint**
Revolute, Translational, Spherical, Cylindrical, Universal/Hook, Planner, Screw, Fixed, Distance, Atpoint, Inline, Inplane, Orientation, Parallel, Perpendicular, PTCV, CVCV, Constant Velocity, Coupler, Gear, CMotion
3. **Force**
Spring, Axial, Translational, Rotational, Screw, Bushing, Matrix, Rotational Spring, Rotational Axial, Beam, Plate, Tire
4. **Contact**
Solid, Circle to Curve, Sphere to/in Sphere, Sphere to Surface, Surface to Surface, Ext. Surface to Surface, Curve to Curve, Sphere in/to Cylinder, Sphere in/to Block, Sphere to/in Torus, Curve in/to Curve, Cam2D, CamLine2D, Cylinder to Surface, Cylinder in/to Cylinder, Cone in/to Cone, Sphere Arc Revolution, Sphere Arc Extrude
5. **Subsystem 建模功能**

剛體碰撞功能

1. 提供完整2D/3D接觸力定義，又根據幾何特性提供各種標準接觸力類型，可以大幅縮短分析時間。
2. 每個接觸力定義時，均提供「Multi」方式，RecurDyn 會自動建構出所有接觸力，勿須以人工方式建立數十個乃至數百個接觸力，省下巨額的時間。



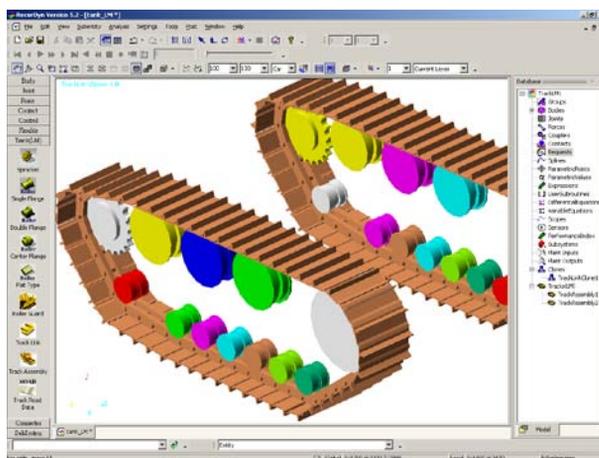
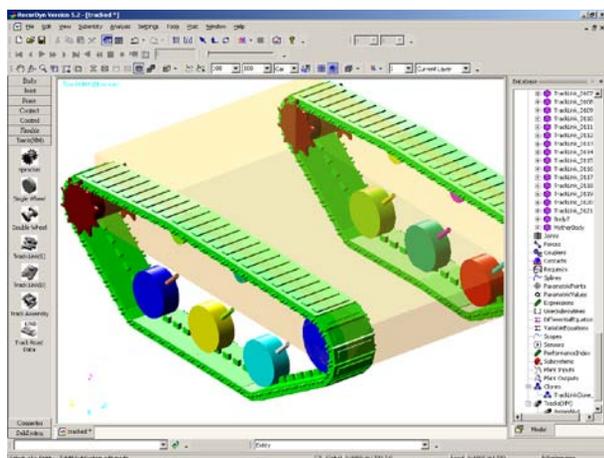
接觸面平滑度

RecurDyn根據曲度變化自動調整，設定值可由1~10，系統內定值=5，值越小表示接觸面離散程度更好

多體動力學(Multibody Dynamics)分析軟體比較

	<i>RecurDyn</i>	A 軟體	D 軟體	S 軟體
Formulation	Complete Recursive (Recursive without elimination)	Augmented	Augmented	Projection Methods(Recursive with elimination)
Coordinate System	Relative	Absolute	Absolute	Absolute / Relative
Governing Equation	ODE/Minimum DAE-Close loop	DAE	DAE	ODE/Minimum DAE-Close loop
Calculation	Strict order n(1.0)	Order 1.5-3	Order 1.5-3	Order n(1.0)
Numerical Method	Numeric	Numeric	Numeric	Symbolic / Numeric
Integration Method	Implicit / Hybrid	Implicit	Explicit type Implicit	Explicit type Implicit
Numerical Damping	Mathematical (Freq.) Based	Artificial Based	No	No
Flexible	Yes	Yes	Yes	Yes

特殊車輛底盤設計工具箱

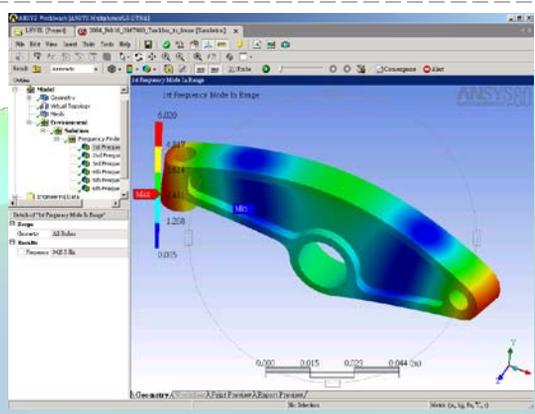


針對履帶車輛運動特殊性，提供鏈齒輪、誘導輪、支撐輪、履帶片、複合履帶等元件外，可自定地貌圖形檔。使用者只需輕鬆點擊各個部件就可完成整個履帶系統的裝配。參數化車輪，履帶和鏈輪接觸，鏈輪輪齒設計。RecurDyn/HM-Track和RecurDyn/LM-Track 工具箱自動定義履帶各個部件之間的接觸，也提供豐富的路面供使用者選擇。包含根據Bakker理論所定義之軟性路面。

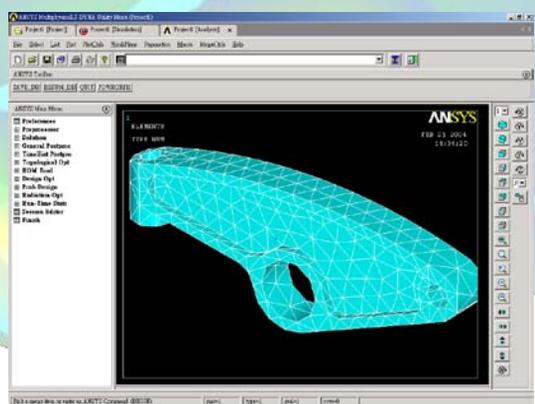
柔多體(Flexible Multibody)分析方法比較

	<i>RecurDyn</i>	A 軟體	D 軟體	S 軟體
Formulation (Linear / nonLinear)	Modal(FFR) / Relative	Modal(FFR) / Floating frame	Modal(FFR) / Floating frame	Modal(FFR) / Floating frame
Virtual body	Yes	No	No	No
Error Measure	Yes	No	No	No
Static / Dynamic correction mode	Yes / Yes	Yes / No	Yes / No	Available / Available
Plate element	Yes	No	No	No
Flexible body contact	Easy	Difficult	Difficult	Difficult

對彈體動力學而言，很難去決定需要幾個模態。若選擇太多，求解可能有困難。首先會面臨的問題是自由度太大會增加計算時間，另一個問題是記憶體會不夠使用。爲了克服這個問題，特定模態可從預期變形點產生。同時，引用靜/動修正模態方法。利用該方法彈體之整體勁度矩陣會重新計算，以獲得更精準的彈性體。

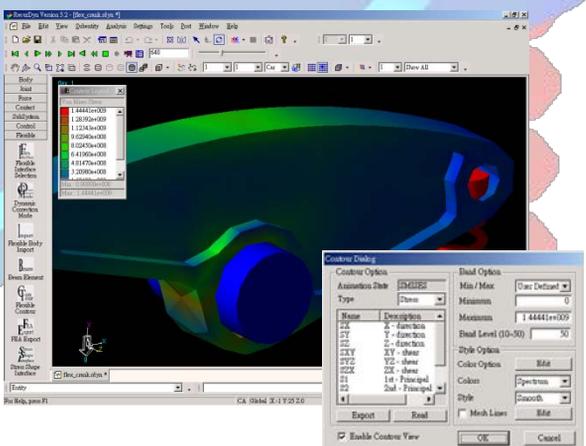


DESIGNSPACE



ANSYS

RecurDyn/Flex 能夠讀取DESIGNSPACE、ANSYS 及其他FE軟體，依據結構動力學所計算的振動模態，在充分考慮構件的彈性的情況下進行多體系統的模擬求解，更真實的反映整個系統的動態特性。它具有靜力模態修正和動力模態修正功能，進行誤差估算。使用者可以據此判斷出所選擇的模態是否滿足設計之要求。同時也可顯示計算結果中的變形、應力和應變，從而爲結構強度設計提供設計參考。可搭配RecurDyn/Linear進行模態資訊。



自動計算應力/應變/變形量

公式化比較 - Recursive、Augmented、Velocity Transformation

	Recursive	Projection	Augmented
Number of Calculation	Strict Order n with Small coefficient	Strict Order n with Large coefficient	Order n^A (1.3-3)
Solution Method	Body by body solution	Body by body solution	Simulation for All bodies
Implementation / Implicit method	Very Hard but easy to solve / Possible	Very Hard but easy to solve / Impossible	Easy but difficult to solve / Possible
Eq. Of Motion	ODE minimum DAE(CL)	OAE minimum DAE(CL)	DAE
Sparse Solver / Pivoting	Not required	Not required	Required

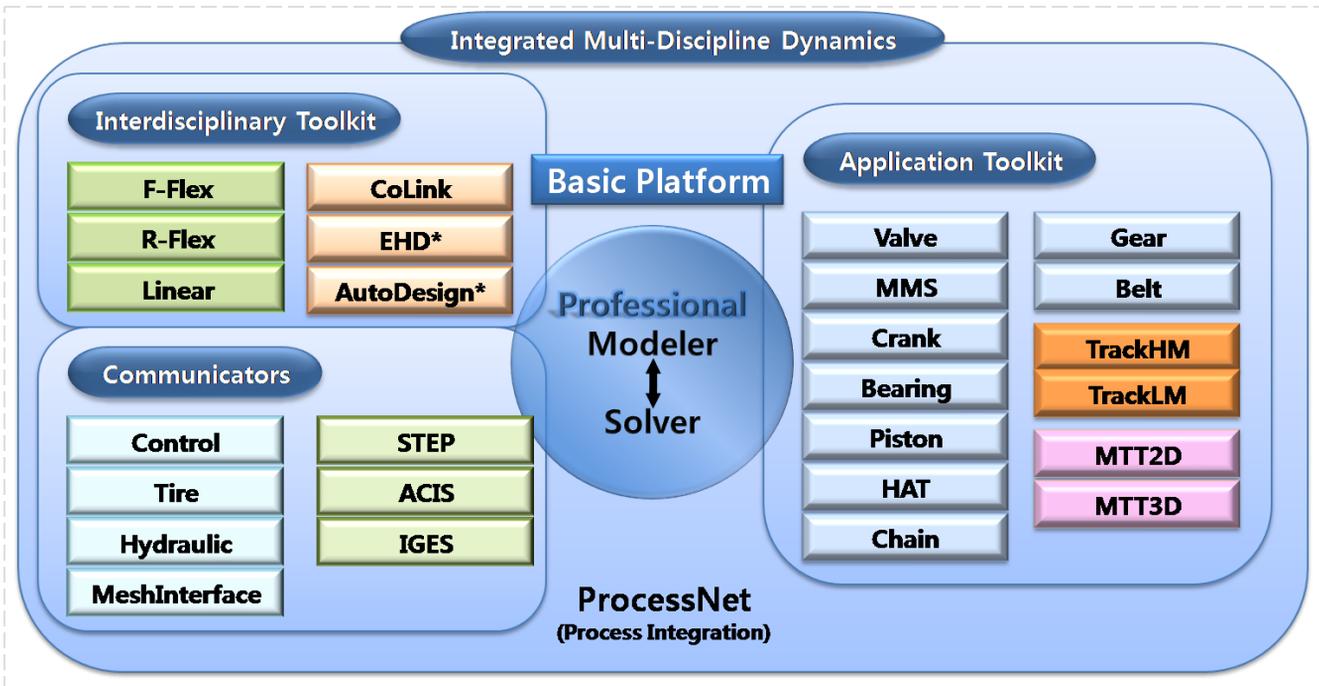
遞迴式方式化是最高級計算理論。同時也是大家公認、計算效率最好演算法。

外電新聞

2002.12.15

日本 YAMAHA 公司與 FunctionBay 公司正式簽訂專案協定...

日本 YAMAHA 公司與 FunctionBay 公司正式簽訂專案協議，由 FunctionBay 公司為其在 RecurDyn 軟體基礎上開發發動機模組。該項目預計兩年內完成。專案內容主要包括有正時鏈系統、帶傳動系統、齒輪系統、曲柄連杆系統、配氣機構系統等部分。一旦完成，該模組將會是汽車、摩托車發動機動力學分析設計最強有力的工具，為用戶提供極為快速、有效的解決方案。在此之前，YAMAHA 公司於 2002 年 9 月購買了 RecurDyn 軟體。



座標系統- Relative、Absolute

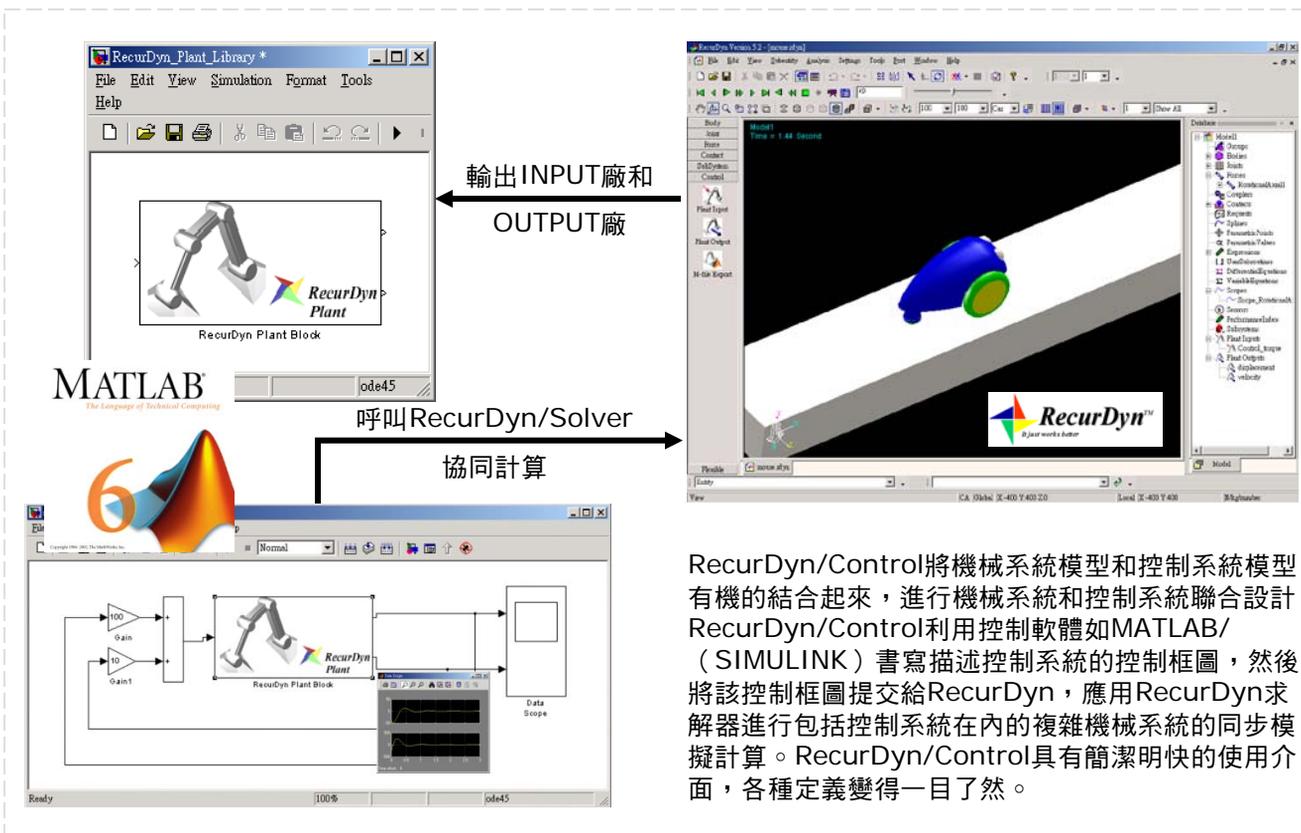
	Relative	Absolute
Description	Body respect / Natural	Ground respect / unnatural
Motion	Small	Large
Implementation	Hard but easy & fast to solve	Easy but hard & slow to solve

因為 RecurDyn 使用相對座標系統，所以，求解速度比使用絕對座標系統來的快速許多。也因為這樣差異，RecurDyn 更適合求解大尺寸，高速以及高勁度問題。

數值方法比較 - Numeric、Symbolic

	Relative	Absolute
Efficiency	No overhead for large scale problem	Dramatic efficiency degradation for large scale coupled system due to difficulties in handling common factors in expressions and symbolic matrix inversion
Implementation	Relatively easy	Prone to coding mistakes, almost impossible to debug for every case

大多數有經驗的多體動力學研究學者都認同符號式計算對於低階簡單問題是非常適合的，對於高階複雜問題幾乎是不可能求解出來，所以，幾乎所有高階軟體均使用數值法計算。



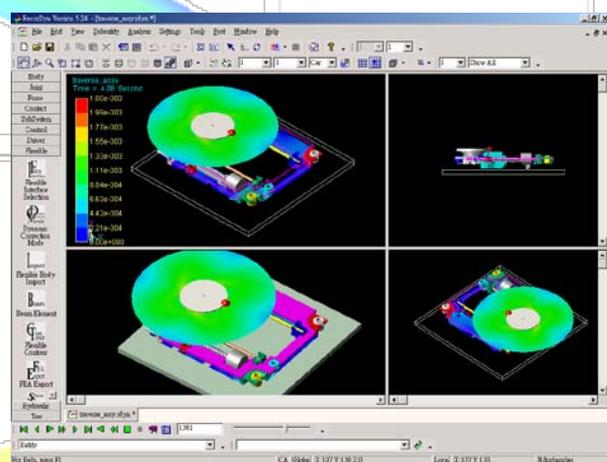
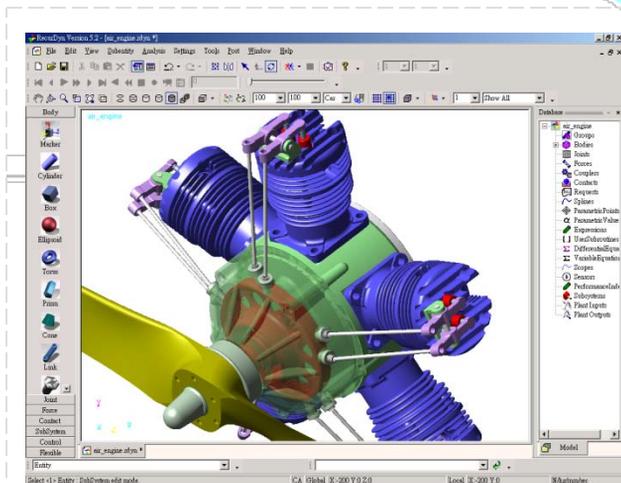
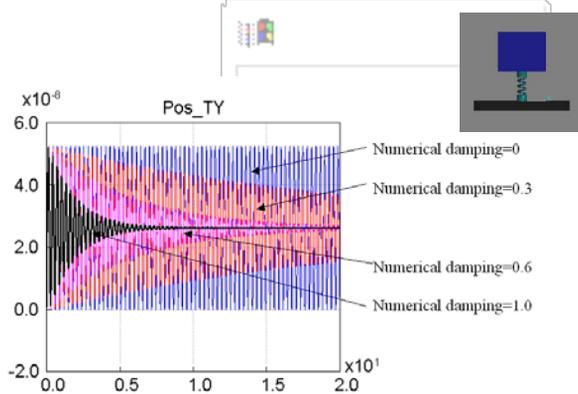
積分法比較- Implicit、Explicit type Implicit、Explicit

	Implicit	Explicit type Implicit	Explicit
Stability	Very large	Medium	Small
Speed	Very fast	Moderate	Slow
Accuracy	Good	Good	Excellent
Advantages / requirement	Coupled systems / Analytic Jacobian	Moderate / No Analytic Jacobian	Contact Systems / No Analytic Jacobian
Implementation	Very difficult	Easy	Easy

大多數有經驗的多體動力學研究學者都相信隱性積分法對於高階複雜問題表現是非常優秀的，而顯性積分法對於震盪系統也有不錯表現，即使系統是處於小穩定和低速型況之下。所以，高階軟體都使用隱性積分法同時配合解析的賈式矩陣(Analytic Jacobians)進行求解。

數值阻尼- Numerical Damping

數值阻尼所扮演的角色就是將不要的數值擾動從系統反應中去除，符合實際結構狀況。大多高階軟體均會將數值阻尼直接納入積分器內，但是缺乏可控性。RecurDyn用戶可以基於數學基礎下自行控制數值阻尼率，擴大求解問題範圍。此技術常用於高頻震盪或是相對於系統內質量非常輕的接觸碰撞問題。



RecurDyn提供各種圖形顯示及燈光投影設定，圖形顯示提供五種方式呈現：輪廓線、剪影輪廓線、去隱藏線、以灰階方式去隱藏線和彩現，另外除了燈光投影角設定之外，也提供非白色燈光的設定，所產生圖像立體逼真勝過目前主流軟體。

RecurDyn提供自訂分割視窗大小比例設定，不侷限等大小的設計，且每一視窗內模型可以獨立定義，所以可更活潑的瀏覽模型和分析結果，另外，RecurDyn/Flex提供計算應力/應變能力，直接觀看動態應力/應變分析結果。

產品模組

產品說明

■ RecurDyn/Solid
(前後處理器)

前處理: 1.模型塑型(2D/3D CAD modeling)2.可讀取 Parasolid(適用於 Solidworks/SolidEdge/UG/ IDEAS 等)、STL、IGES、SHL 檔案 3.可調式彩現強化功能提供系統/子系統結構,具有子系統模組化功能.4.提供圖層結構管理.5.可讀取 ADAMS ADM 檔案.6.模型參數化.7.敏感度分析.8.實驗設計分析(DOE).9.客戶化介面。後處理: 1.圖表.2.動畫.3.曲線資料編輯器.4.數據過濾器.5.傅立葉轉換.6.多視窗分割顯示.7.可輸入外部數據檔案。

■ RecurDyn/Solver
(求解器)

1.完全遞迴式方程結構.2.數值運算器 DDASSL/IMGALPHA .3.數值阻尼可適應性自動化,去除數值上的雜訊.4.可執行背景模式運算.5.可調整 CPU 優先使用權,加速分析執行.6.內建輪胎/路面力(TIRE)模組.7.非線性梁,板元素.8.提供完整 2D/3D(曲面對曲面)接觸力分析。

■ RecurDyn/R-Flex
(線彈性分析模組)

RecurDyn/R-Flex 能夠讀取 MSC/NASTRAN、ANSYS、DesignSpace、I-DEAS 等結構動力學所計算的振動模態,在充分考慮構件的彈性的情況下進行多體系統的模擬求解,更真實的反映整個系統的動態特性。它具有靜力模態修正和動力模態修正功能,進行誤差估算。使用者可以據此判斷出所選擇的模態是否滿足設計之要求。同時也可顯示計算結果中的變形、應力和應變,從而為結構強度設計提供設計參考。可搭配 RecurDyn/Linear。

■ RecurDyn/Linear
(振動分析模組)

將系統的非線性運動和動力學方程線性化,從而快速計算出系統的固有頻率特徵向量和狀態空間矩陣,快速瞭解系統的固有特性,輸出振動頻率。

■ RecurDyn/Control
(控制分析模組)

將機械系統模型和控制系統模型有機的結合起來,進行機械系統和控制系統聯合設計。利用控制軟體 MATLAB/SIMULINK 書寫描述控制系統的控制框圖,然後將該控制框圖送交給 RecurDyn,應用 RecurDyn 求解器進行包括控制系統在內的複雜機械系統的同步模擬計算。可搭配 RecurDyn/Linear。

■ RecurDyn/MTT2D
■ RecurDyn/MTT3D
(送紙機構模組)

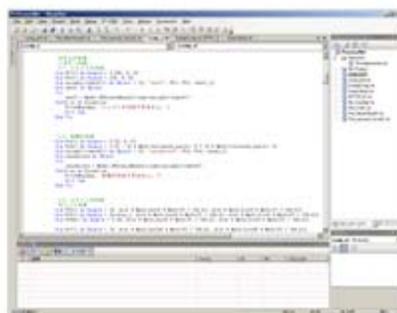
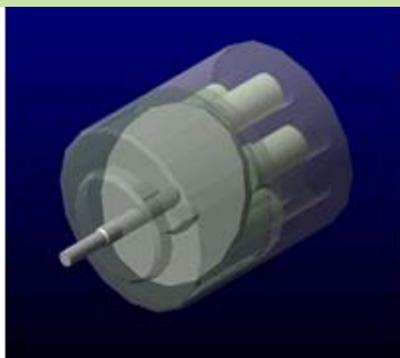
針對送紙機構特殊性,RecurDyn 使建模過程自動化、部件設計參數化,並自動輸出相關設計曲線,提高了模擬效率。對於板形結構,諸如紙張、膠片、滾軸和導軌等,MTT2D/3D 提供了輕鬆的建模方法,並自動定義媒體與滾軸、導軌間的接觸。MTT2D 可輕鬆模擬媒體傳送的二維運動,如印表機、影印機、傳真機和其他的續紙機器。

MTT3D 可模擬媒體傳送的三維運動。你可以檢查由於板形的尺寸、重量和剛度的不同所引起的潛在擾動、因惡劣溫度和濕度環境所引起的板材特性變化、由於未對準驅動滾軸所引起的板材間的速度差,因間隙磨損所導致的滾軸速度差等。內建速度/位置/事件感應器,所以可進行真實的完整送紙機構控制分析。

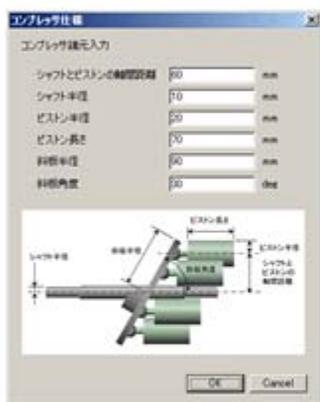
產品模組	產品說明
<ul style="list-style-type: none"> ■ RecurDyn/Gear (齒輪元件模組) 	<p>內建個種常用之齒輪資料庫，可以自行修改輪廓外型，資料庫有正齒輪系、窩型齒輪系、剪型齒輪系等，嚙合分析支援 2D/3D 接觸定義。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ■ RecurDyn/Chain (鏈條分析模組) 	<p>RecurDyn/Chain 可輕鬆完成鏈條的裝配。用戶只要點擊需連接的部件，即可完成鏈條的裝配過程。裝配資訊包含了鏈條系統的全部資訊：接觸參數、襯套特性、鏈節數、鏈節形狀及接觸力輸出資訊等。可應用於靜音鏈條設計分析等。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ■ RecurDyn/Belt (皮帶分析模組) 	<p>RecurDyn/Belt 是以模組化的皮帶和皮帶輪所構成。使用者可輕鬆地設計和分析整個皮帶滑輪系統。RecurDyn/Belt 擁有皮帶滑輪幾何形狀生成器可生成各式類型的皮帶與滑輪。使用者只需選擇所需的皮帶滑輪類型，輕鬆點擊各個部件就可成整個皮帶系統的裝配，並自動定義皮帶與滑輪之間的接觸作用力，RecurDyn/Belt 可以精確地給出系統在運動過程中的動態特性，從而改進和完善你的系統設計。可應用於 CVT(無段連續變速器)分析。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ■ RecurDyn/HM-Track (高速運動履帶模組) 	<p>針對高速運動之履帶車輛特殊性，提供鏈齒輪、誘導輪、支撐輪、履帶片、複合履帶等元件外，可自定地貌圖形檔。使用者只需輕鬆點擊各個部件就可完成整個履帶系統的裝配。參數化車輪，履帶和鏈輪接觸，鏈輪輪齒設計。RecurDyn/HM-Track 自動定義履帶各個部件之間的接觸，也提供豐富的路面供使用者選擇。軟性路面則根據 Bakker 理論。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ■ RecurDyn/LM-Track (低速運動履帶模組) 	<p>針對低速運動之履帶車輛特殊性，提供鏈齒輪、單緣輪、雙緣輪等元件外，可自定地貌圖形檔。使用者只需輕鬆點擊各個部件就可完成整個履帶系統的裝配。參數化車輪，履帶和鏈輪接觸，鏈輪輪齒設計。RecurDyn/LM-Track 自動定義履帶各個部件之間的接觸，也提供豐富的路面供使用者選擇。軟性路面則根據 Bakker 理論。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ■ RecurDyn/STEP (STEP 轉換介面) 	<p>可讀取 STEP(AP203 和 AP214)3D 模型交換格式，對單一 STEP 檔案可支援組件內容，適用於各種 CAD 軟體，例如 Pro/Engineer、OneSpace/ SolidDesigner、Autodesk Inventor....等</p>
<ul style="list-style-type: none"> ■ RecurDyn/Tire (輪胎模組) 	<p>RecurDyn/Solver 內建輪胎模組，可以應用於車輛懸吊建構和分析。支援路面崎嶇不平之分析。輪胎格式有 UA/FIALA/Soil/Delft/F-Tire 格式。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ■ RecurDyn/F-Flex (結構大變形模組) 	<p>內建有限元求解器，可解析結構大變形分析，與傳統使用「模態疊加法」最大差異在於可解析「撓體對撓體」、「撓體對剛體」的碰撞分析，解析效能比傳統 FE 軟體大幅提高，滿足客戶對於動態結構強度分析的需要。</p>

自7.0版本後，提供功能強大且彈性的開發環境套件-RecurDyn/ProcessNet，它採用最新的技術微軟 VSTA (Visual Studio Tools of Applications)，用戶可以使用C#或VB.Net進行定制化環境建立和發展出公司內部特定使用環境，可以大幅降低初級工程師使用軟體上的負擔和達到知識互助和共享的介面和平台。ProcessNet除可以進行前處理包含建模、自動邊界設置、自訂函數、呼叫外部程式、建立GUI、執行程序自動化等，也可以後處理圖表繪製和處理自動化。簡言之，ProcessNet可將RecurDyn的功能徹底改頭換面形成自己專屬的使用軟體。

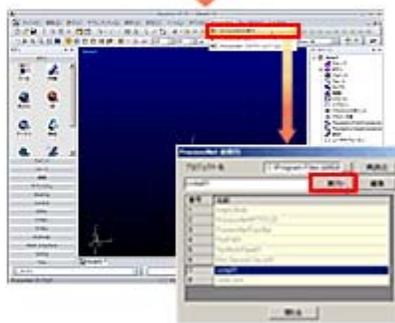
由於採用VSTA開發工具用戶可以容易獲得撰寫程式的資源，同時因為採用C#和VB語法用戶可以不用再去學習一套特定程式語言，這也大幅降低使用的門檻。ProcessNet是RecurDyn內建的所提供開發套件，您不需額外購置其他編譯軟體，安裝完RecurDyn後就可以直接使用，是相當方便和容易上手的開發套件。



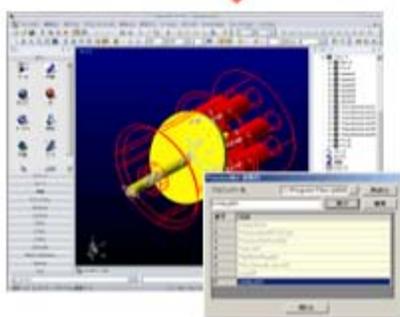
(1)開發套件-VSTA內建於RecurDyn/ProcessNet



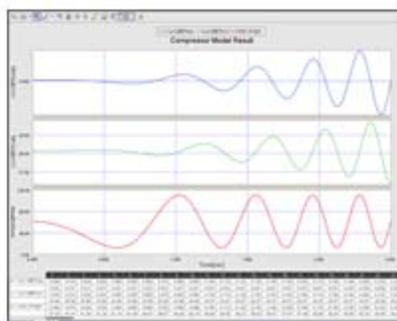
(2)GUI畫面建立和多國語系支援



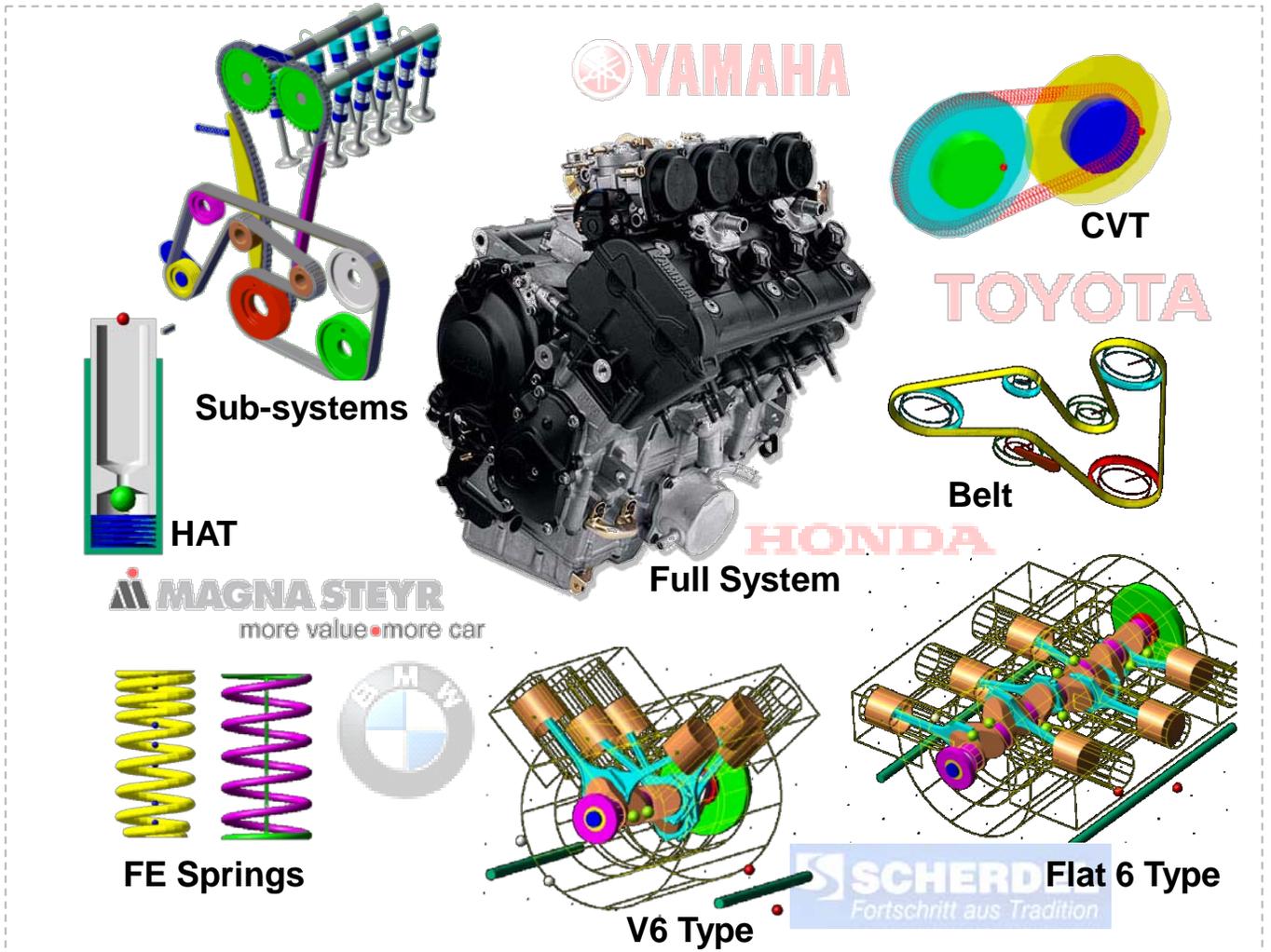
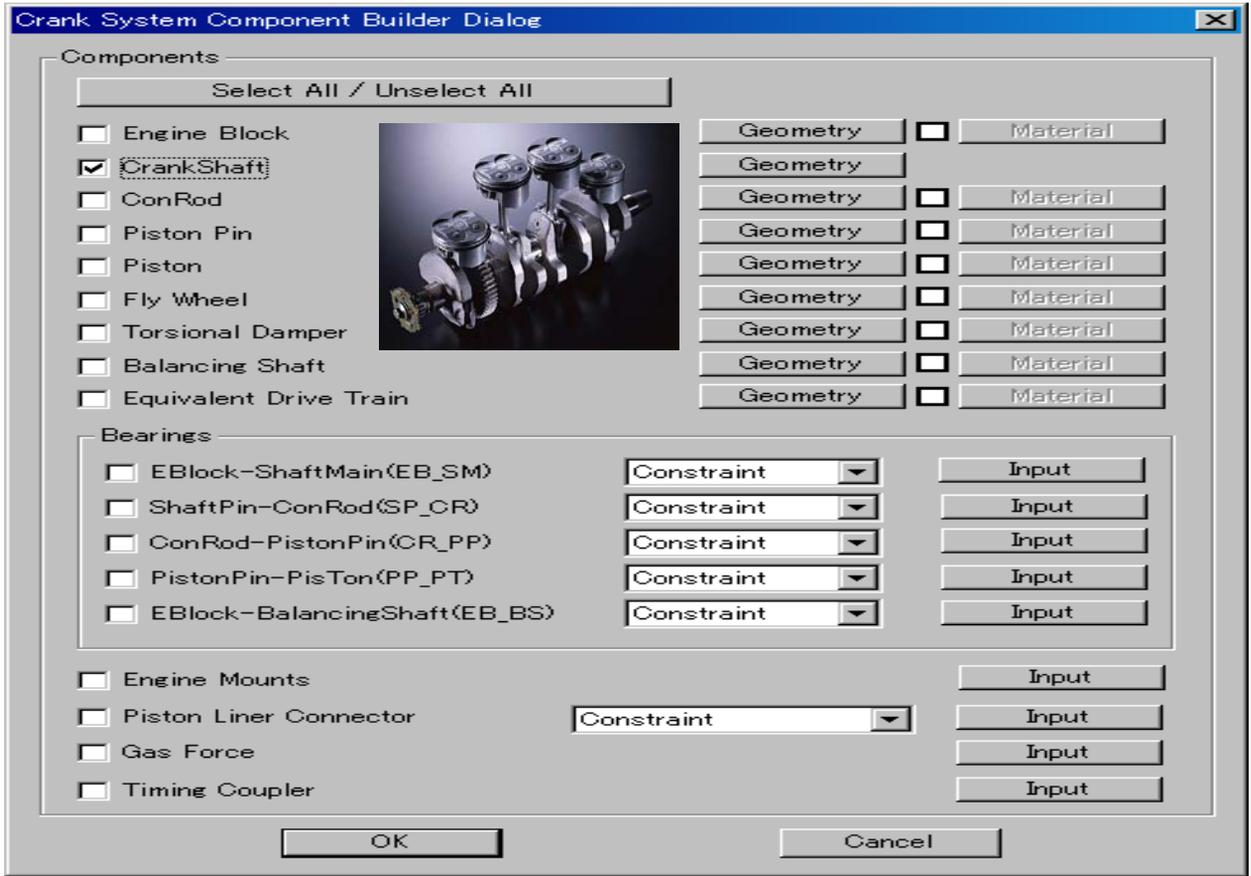
(3)RecurDyn環境中執行



(4)RecurDyn環境中執行結果



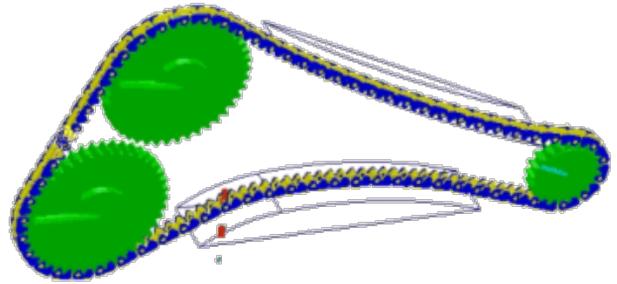
(5)自訂客制化後處理數據，一個指令就產生完畢



Main Custom Elements (Chain Toolkit)



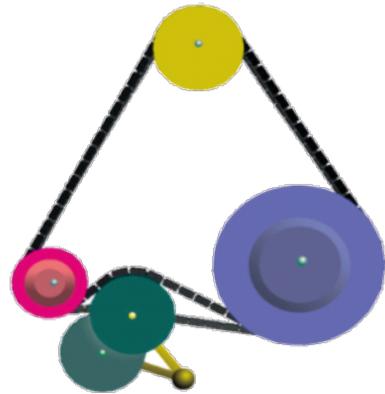
RecurDyn/Chain 可輕鬆完成鏈條的裝配。用戶只要點擊需連接的部件，即可完成鏈條的裝配過程。裝配資訊包含了鏈條系統的全部資訊：接觸參數、襯套特性、鏈節數、鏈節形狀及接觸力輸出資訊等。可應用於靜音鏈條設計分析等。



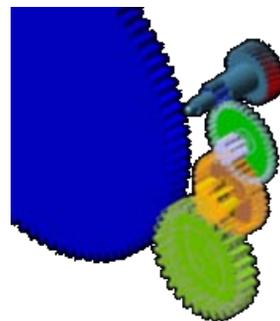
Main Custom Elements (Belt Toolkit)



RecurDyn/Belt擁有皮帶滑輪幾何形狀生成器可生成各式類型的皮帶與滑輪。使用者只需選擇所需的皮帶滑輪類型，輕鬆點擊各個部件就可成整個皮帶系統的裝配，並自動定義皮帶與滑輪之間的接觸作用力，可以精確地給出系統在運動過程中的動態特性。可應用於CVT(無段連續變速器)分析。

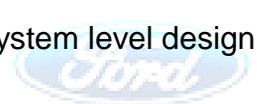


Main Custom Elements (Gear Toolkit)



Integrated RD/Engine

- Complete simulation solution for component, subsystem and system level design
- 3D modeling for all components and subsystems
- Standard interface provides virtual component test rig for component design validation and dynamometer test rigs for subsystem and complete system, including steady state rpm, and rpm sweep tests



100%視窗軟體及GUI操作介面

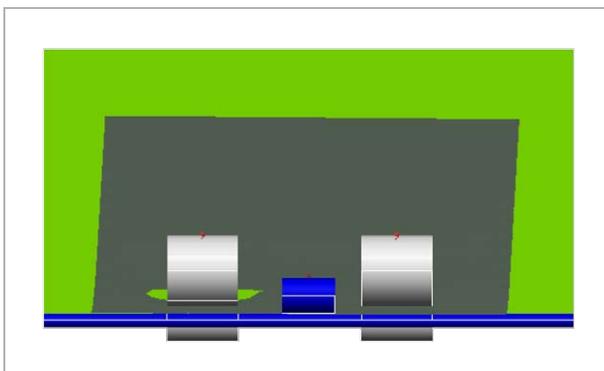
The screenshot displays the RecurDyn software interface. On the left, there are several toolbars: '各式工具選單' (General Tools Menu) with options like Spring, Axial, Transitional, and Rotational; '控制模組選單' (Control Module Menu) with options like Contact, SubSystem, Bearing, Control, Driver, Model Flex, Flexible, Hydraulic, Spring, and Tun; and '柔性體模組選單' (Flexible Body Module Menu). The central window shows a 3D model of a ball bearing assembly. On the right, the 'Database' window lists various components: (a) Bodies, (b) Joints, (c) Forces, (d) Contacts, (e) Requests, (f) Splines, (g) Parametric Points, (h) Expressions, (i) Variables, (j) Sensors, and (k) User subroutine. At the bottom right, the '求解資訊視窗' (Solution Information Window) is visible.

子系統模組化結構

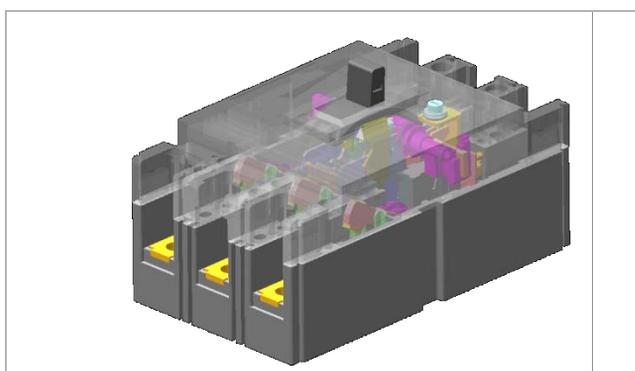
何謂子系統模組化？

以一部車子的架構為例，有前懸吊系統、後懸吊系統、底盤、轉向機構、引擎系統、煞車系統等。這些系統就是車子模組，當在研發其他同型車子時，可以引用某部分系統時，提高車子元件的互通性，進行降低生產成本。同理，在建立數位分析模型時，也可以用相同概念將一個系統分成數個子系統，每個子系統又有次子系統，且彼此可以溝通訊息，若對某個子系統移除時，有可保有獨立性，或是加入替代子系統。這樣的結構可以提高模型再利用率和降低模型建構錯誤機會，同時，也可以對每個子系統進行工程分析工作，確定每個子系統均能正常運作後，再予以組立。

The diagram shows a 3D model of a motor assembly. The '驅動子系統' (Drive Subsystem) is highlighted in green and cyan, and the '平衡塊子系統' (Balance Block Subsystem) is highlighted in blue. To the right, a screenshot of the software's database window shows a hierarchical tree structure. The 'Subsystems' folder is expanded, showing a sub-subsystem named 'e102A5001_SUB' which is highlighted with a red box. Other folders include 'Sensors', 'Plant Inputs', 'Plant Outputs', 'Parametric Point Connectors', 'Parametric Value Connectors', 'Driver Inputs', 'Driver Outputs', 'BC BCs', 'Hydraulic Inputs', and 'Hydraulic Outputs'.



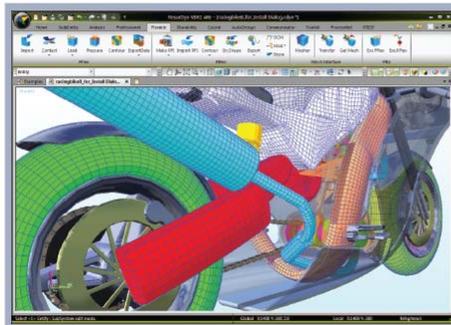
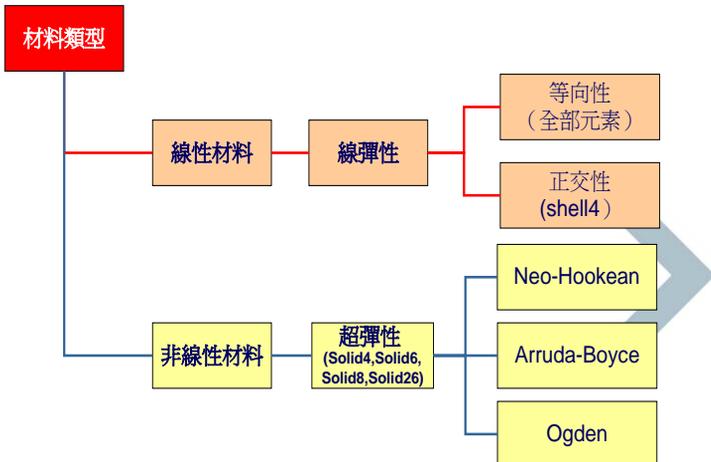
因為左右兩滾輪之彈簧設定不同，紙張經過滾輪後之壓力也不同，因此，紙張正向力產生的切向推力也不均勻，導致紙張偏移。



高效能接觸碰撞分析能力，可以解決複雜機構接觸問題，可解析各式皮帶、鍊條、以及一般機構問題（滾珠螺桿等）動態問題。

剛柔體碰撞功能介紹-RecurDyn/F-Flex

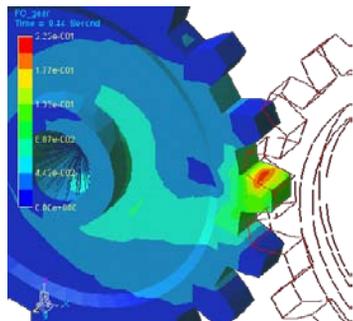
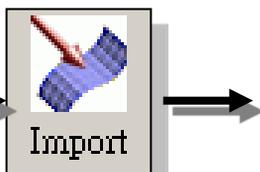
1. 系統層次(System Level)之剛體和柔體之多體動力模擬分析 (包含接頭、接觸力、外力等)
2. 零件層次(Component Level)之線性/非線性有限元分析
3. 大變形分析問題 (線性/非線性有限元素)
4. 非線性柔體接觸 (剛體對柔體, 柔體對柔體)
5. 計算效能大幅縮短且保有精度, 從幾天減為幾十分鐘或數小時



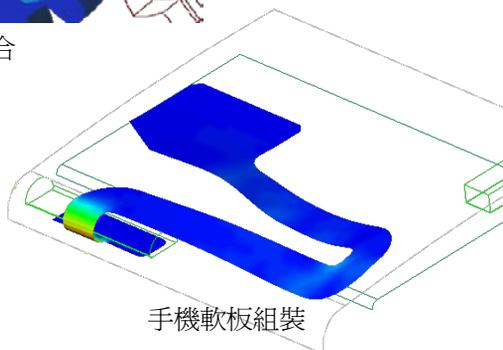
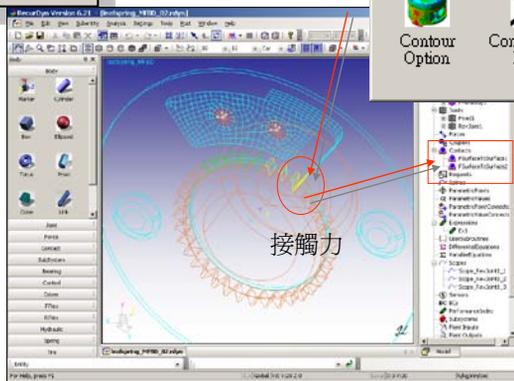
柔體接觸碰撞力建構程序

由FEA軟體或網格處理程式(FEMAP、ANSYS/ICEM CFD等)

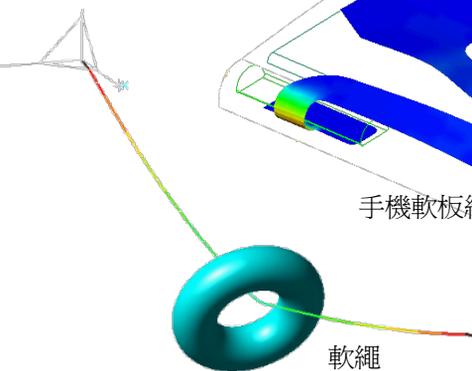
ANSYS(CDB)
 NASTRAN(BDF,DAT)
 DESIGNSPACE(INP)
 Mesher Interface (FEMAP)



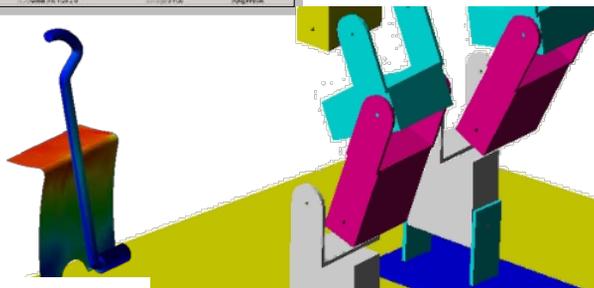
齒輪齧合



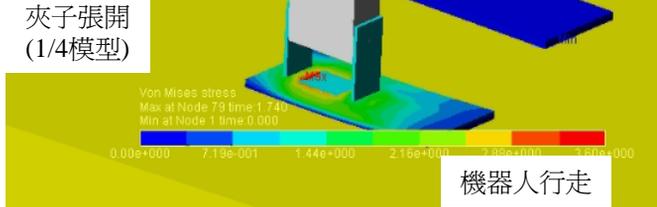
手機軟板組裝



軟繩



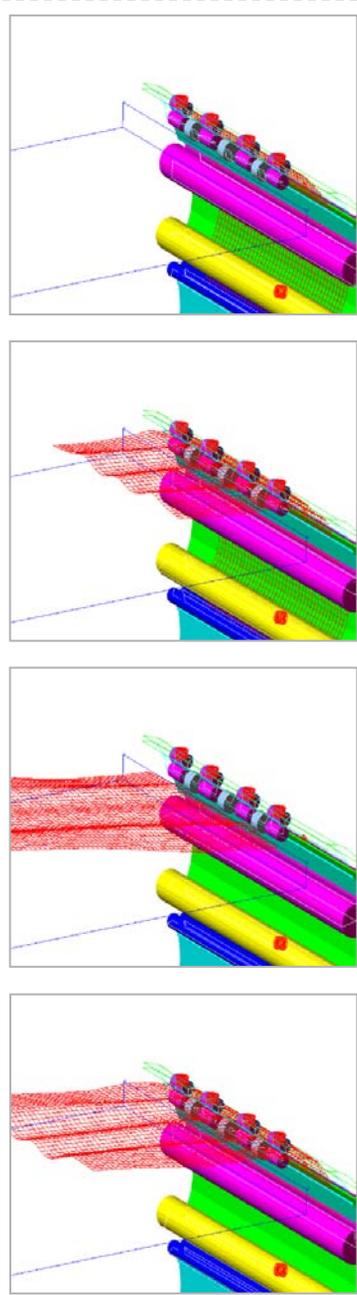
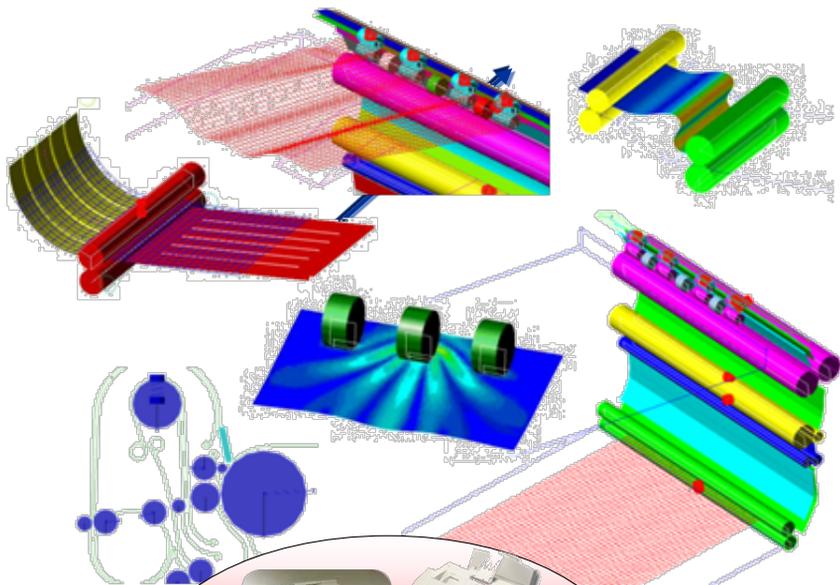
夾子張開 (1/4模型)



機器人行走

RecurDyn/MTT 2D/3D 媒體傳送專業模組應用

傳統對於紙張變形的處理以模態疊加方式處理，但這個方法不適用於大變形行為。因此，RecurDyn最先提出以結點為基礎的大變形分析理論，同時配合遞迴式方程，建構出混和式求解器，大幅強化及延伸多體動力學的使用範圍。結合機構動力學和有限元素法的優勢結合在RecurDyn中，是唯一可以提供送全方位紙機構分析的最有效分析工具。除了紙張的傳送之外，也可以應用在鋼板的運輸分析上，這也是RecurDyn/MTT應用範疇內，韓國浦項鋼鐵POSCO（曾獲<<富比士>>評為鋼鐵產業的最佳企業、<<財星>>評為鋼鐵產業最值得尊敬的公司）使用RecurDyn 模擬鋼板在製程中的運輸問題，有效解決鈹材的長距離運輸問題。

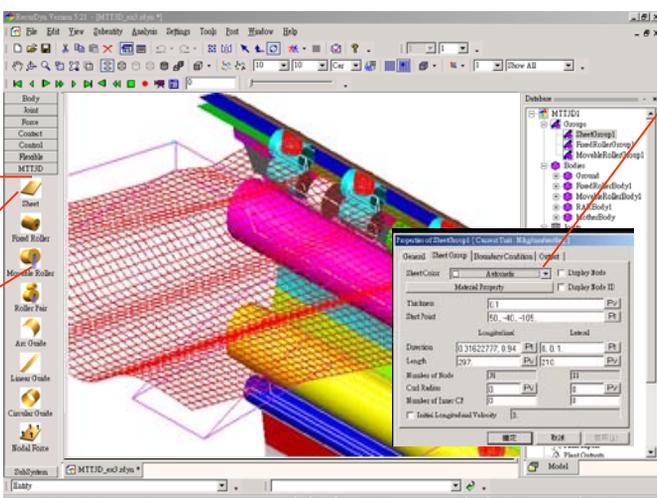


MTT 2D/3D 媒體傳送模組

MTT 3D 模組工具箱

薄片物件

滾輪



板材材料設定



除了使用RecurDyn/Control控制介面與外部控制分析軟體MATLAB/SIMULINK進行系統整合外，爲了因應未來更複雜的整合工具，FunctionBay Inc早在兩年前進行RD/Colink工具箱的研發，它的使用介面近似於SIMULINK，因此如果已熟悉SIMULINK的用戶，幾乎可以不用學習就可以直接使用。

RD/Co-Link 包含各式數學函數庫、連續函數庫、離散函數庫、非線性函數庫、連接器和制動器。這些常用的驅動器（AC/DC Motor）僅需要定義輸入訊號就可以跟機構模型連接。Fuzzy Library, Neural network Library, Electric Library爲擴充函數庫。

RD/Co-Link 函數庫一覽

Source

Chirp, Clock, Constant, Cosine, Digital Clock, Plus, From File, Ground, Ramp, Random Number, Sequence, Sine, Step, Uniform Radom Number, White Noise

Output

Scope, XYPlot, To File, Terminator, Stop

Math

Absolute, Dot, Gain, Logical Operator, Math Function, MinMax Block, Product, Relational Operator, Rounding Function, Sign, Sum, Trigonometric Function

Continuous

Derivate, Integrator, State Space, Transfer Function, Zero-Pole Discrete, Discrete Filter, Discrete Time Integrator, Discrete State Space, Discrete Transfer, Discrete Zero-Pole, First Order Hold, Unit Delay, Zero Order Hold

Nonlinear

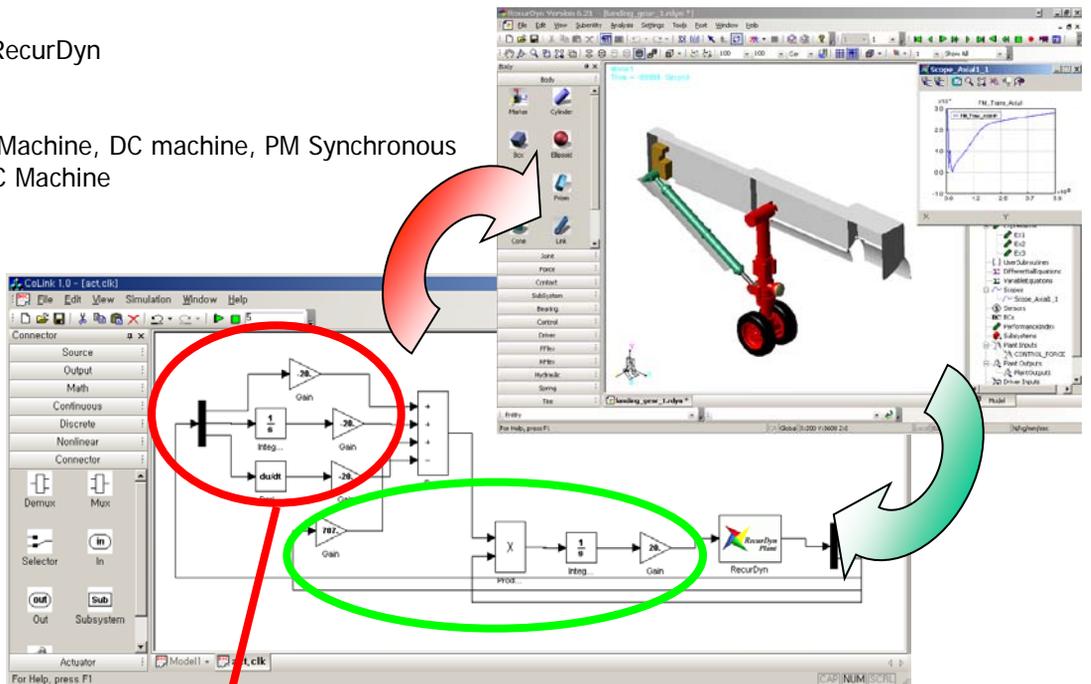
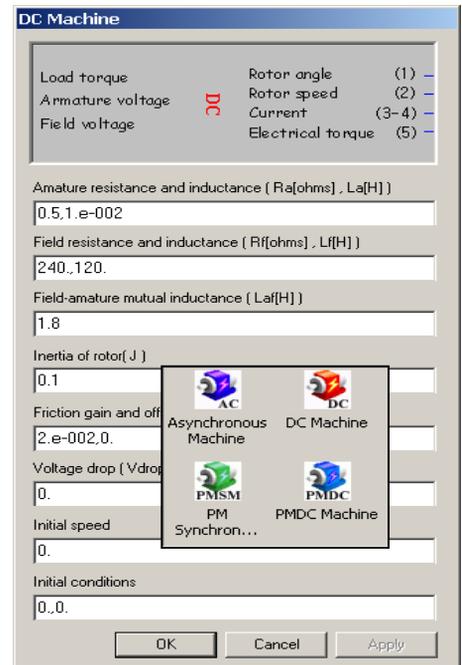
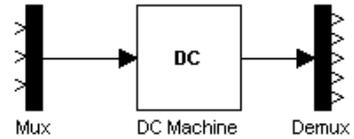
Backlash, Columb&Viscous Friction, Dead Zone, Limiter, Lookup Table, Lookup Table (2D), Multiport Switch, Relay, Rate Limiter, Quantizer, Switch

Connector

Demux, Mux, RecurDyn

Actuator

Asynchronous Machine, DC machine, PM Synchronous Machine, PMDC Machine



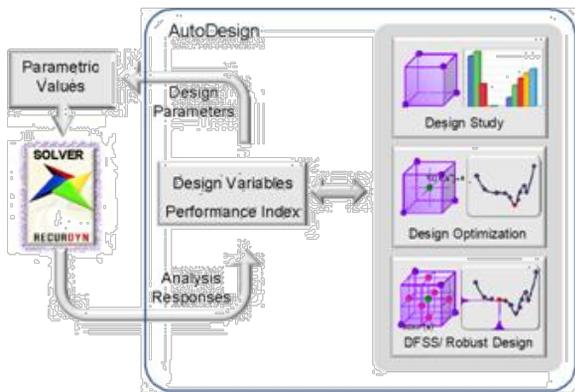
PID Controller

Hydraulic tensioner

RecurDyn/AutoDesign 自動設計工具箱

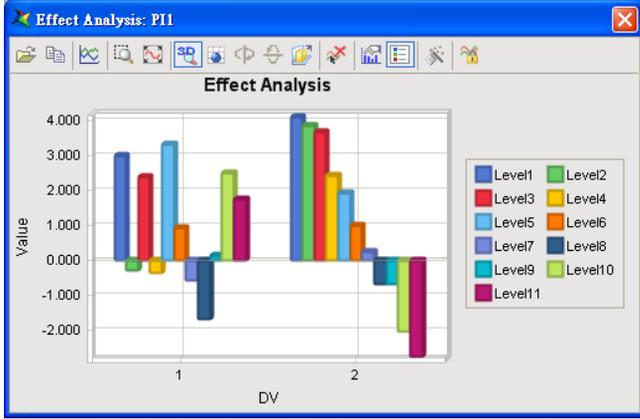
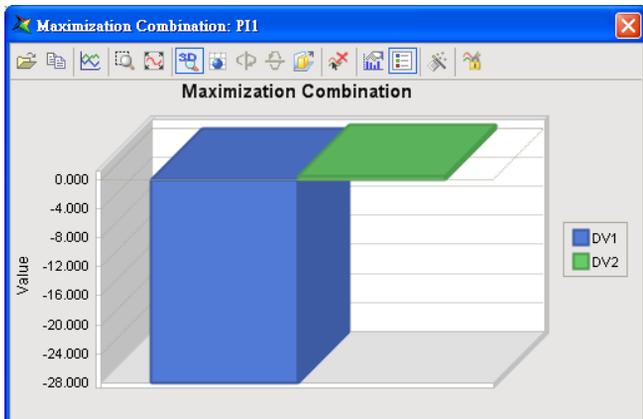
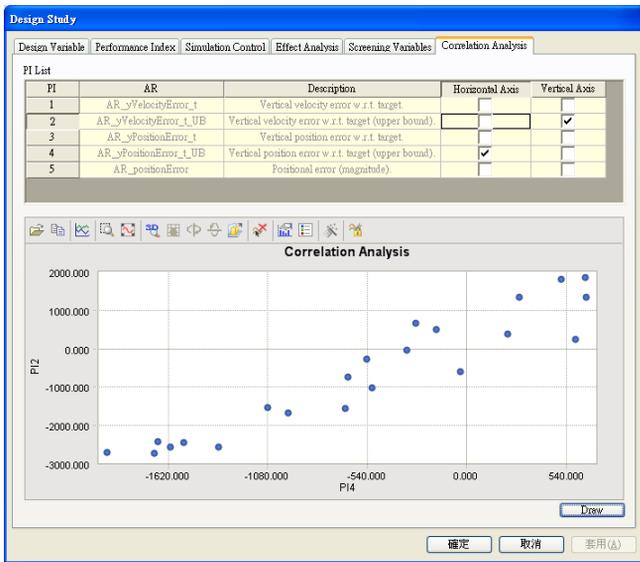
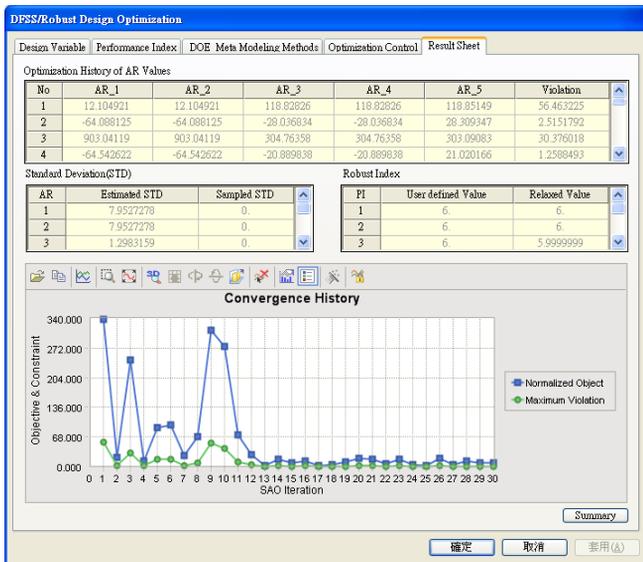
RD/AutoDesign工具箱可進行多體動力學、有限元和控制迴路之設計最佳化分析，提供各種成熟的最佳化方法，同時提出更具效率最佳搜尋法，以適應非線性動力學的特性。RD/AutoDesign是一個非常容易使用的工具箱，他提供三種最佳化設計的流程和方式：

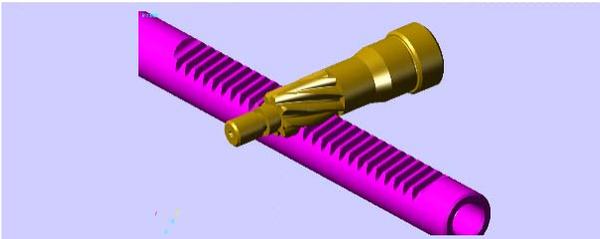
1. 以實驗設計法 (DOE) 找出最具敏感設計參數
2. 以後設建模 (Meta-Modeling) 方式進行最佳化
3. 提供穩健最佳化手段和DFSS (六個標準差設計) 進行設計



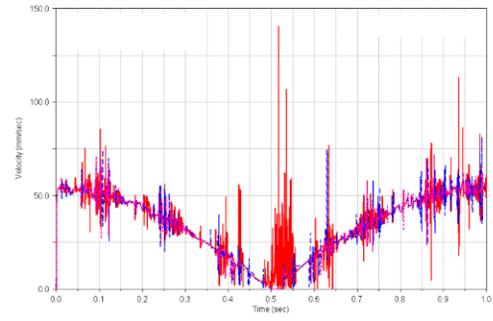
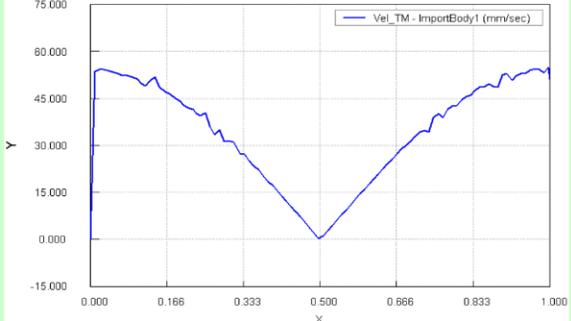
特色

1. DOE法 (影響性分析)
 - Extended Plackett-Burman Design, Three-level Orthogonal Array Design, Level-Balanced Descriptive Design, Full Factorial Design
2. DOE法 (後設建模-Meta Modeling)
 - Discrete Latin Hypercube Design, Incomplete Small Composite Design-I and -II, Generalized Small Composite Design, Box and Behnken Design, Face-Centered Central Composite Design
3. 後設建模技術
 - Simultaneous Kriging Method, Radial Basis Function Method, Conservative RSM
4. 數值最佳法
 - Augmented Lagrange multiplier method, BFGS method, Hestenes-Stiefel method, Variable-order polynomial line search method, Weighted Min-Max Formulation for multi-objectives
5. 設計變數
 - 設計參數、有限元外型
6. 目標和限制函數
 - 位置、速度、加速度、力、方程式、應力和變形



	A 產品	Recurdyn v5.2
求解問題	3D 接觸碰撞分析,所有接觸條件和環境相同. 模擬設定為 1 sec/1000 steps	
計算時間	第一次分析: 34 sec (解的震盪太大, $e=1e-3$) 第二次分析: 40 sec(解的震盪太大, $e=1e-4$) 第三次分析: 48 sec(解的震盪較小, $e=1e-5$) 總計: 122 sec	第一次分析: 14 sec (解的震盪合緩, $e=1e-3$) 總計: 14 sec

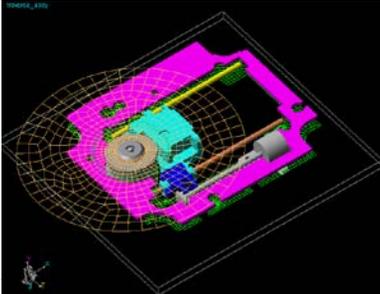
Recurdyn 分析效能為 A 產品的 8.7 倍之多

結果		
----	--	---

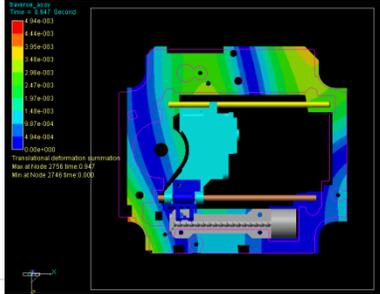
Recurdyn 計算結果穩定性較佳

求解器	Based Gear 積分器	IMGALPHA
分析評析	使用 Gear 積分器可以完成接觸分析,但由於積分器本身並非強健型求解器, 試圖使用 Advanced Gear(SI2)較為強健求解器,然而也無法解決不正常的震盪. 數值阻尼控制不佳所致.	使用 IMGALPHA 內定求解器,就可以完成分析,同時解的品質也非常好.另外, IMGALPHA 最大特色是若取較小的步伐時,依然可以順利求解.所以適合分析高勁度機構問題,這也是目前機構軟體的所能力不能及的.

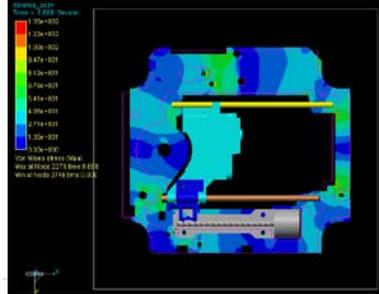
光碟機避震設計之動態結構分析



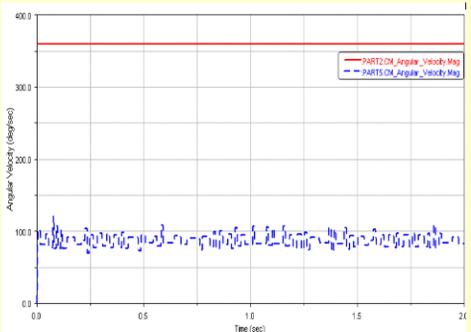
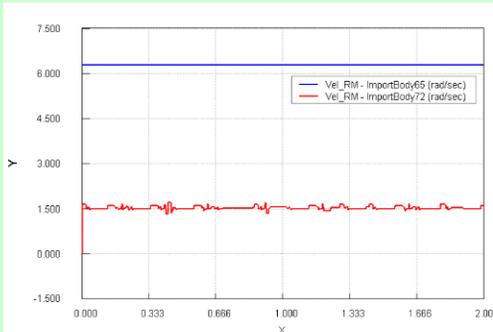
機構分析模型圖



動態變形位移圖



動態變形位移圖

	A 產品	Recurdyn v5.2
求解問題	3D 接觸碰撞分析,所有接觸條件和環境相同. 模擬設定為 2 sec/500 steps(相同公差 1e-3)	
計算時間	136 sec	6 sec
Recurdyn 分析效能為 A 產品的 26.8 倍之多		
分析結果		
兩種軟體所計算出來的答案幾乎吻合		
求解器	Based Gear 積分器	IMGALPHA
分析評析	接觸分析是 Recurdyn 機構分析的強項,求解速度快	

外電報導,11/2003

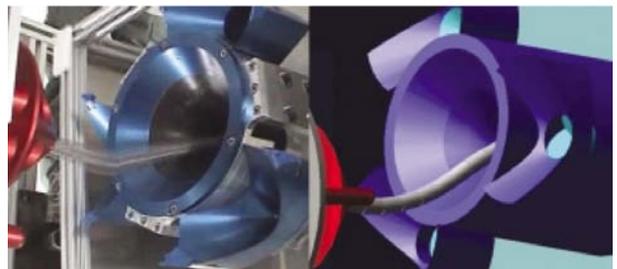
雜誌: Computers in engineering, pp27



The KC-135 flight test proved repeatedly that the AMDS mechanism—and on a broader scale, the ASDS system concept—would work in a micro-gravity environment. The results of the flight testing were compared to predicted results from the MSC.ADAMS computer model with a high degree of correlation.

As a further validation of the dynamic computer model, Recurdyn software, from **Function Bay, Inc.**, was used to perform the same simulation. Because Recurdyn uses a

different calculation method to solve for dynamic behavior, it provided a good external reference to verify that the assumptions used in the model were valid. SolidWorks, from **Dassault Systemes**, was used to develop the models of the production mechanism, and the solid bodies were exported directly to Recurdyn. **The new solver ran in about one third of the time for nearly identical results.**



This article was written for Aerospace Engineering by **Anthony Hays**, Michigan Aerospace Corp.

經過測試後，發現它的計算效能確實大幅超越傳統動力學，新的技術也在2003年11月號美國SAE線上航太雜誌獲得印證[5]，密西根航太公司工程師Anthony Hays提到「在自主式微衛星對接系統（AMSD），傳統機構運動分析軟體的分析結果與實驗驗證有高度吻合結果，但是在相同條件下使用遞迴式動力學(RecurDyn)重新解一次，發現所需要的求解時間是傳統機構動力學軟體的三分之一，而且也獲得近似分析結果」。使用遞迴式動力學不但分析效能提高且對於求解品質也能兼顧，確實做到『魚與熊掌可以兼得』。(完整資訊請閱pp.16)

RecurDyn 與傳統機構軟體的根本差異

Recurdyn- It just works better

相對座標公式化

•RecurDyn®



常微分方程式ODE
[θ]

ODE 方程式是容易解，且解有唯一性
僅需要解1個未知數

•一般傳統機構軟體



微分代數方程式DAE
[x y z θ₁ θ₂ θ₃ λ₁ λ₂ λ₃ λ₄ λ₅]^T

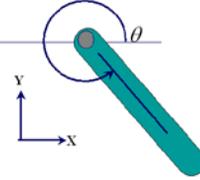
DAE 是很不好解的，甚至無解
需要解11個未知數

http://www.cadmen.com

Recurdyn- It just works better

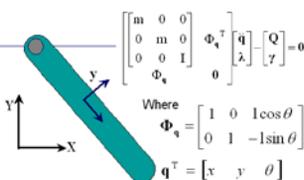
克服傳統程式求解困難點

•RecurDyn® 相對座標系統(ODE)



$I\ddot{\theta} + mgl \sin \theta = 0$

•一般傳統機構軟體 絕對座標系統(DAE)



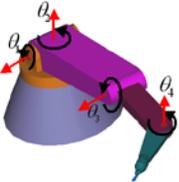
$$\begin{bmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & I \end{bmatrix} \Phi_q^T \begin{bmatrix} \ddot{q} \\ \dot{q} \\ q \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Q \\ \gamma \end{bmatrix} = 0$$

Where $\Phi_q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & l \cos \theta \\ 0 & 1 & -l \sin \theta \end{bmatrix}$
 $q^T = [x \ y \ \theta]$
 $\gamma = \begin{bmatrix} l \cos \theta \dot{\theta}^2 \\ l \sin \theta \dot{\theta}^2 \end{bmatrix}$

http://www.cadmen.com

Recurdyn- It just works better

完整遞迴方程式



RecurDyn®	$\bar{\omega}_1 = \dot{\theta}_1 \bar{u}_1$ $\bar{\omega}_2 = \bar{\omega}_1 + \dot{\theta}_2 \bar{u}_2$ $\bar{\omega}_3 = \bar{\omega}_2 + \dot{\theta}_3 \bar{u}_3$ $\bar{\omega}_4 = \bar{\omega}_3 + \dot{\theta}_4 \bar{u}_4$
VELOCITY TRANSFORMATION	$\bar{\omega}_1 = \dot{\theta}_1 \bar{u}_1$ $\bar{\omega}_2 = \dot{\theta}_1 \bar{u}_1 + \dot{\theta}_2 \bar{u}_2$ $\bar{\omega}_3 = \dot{\theta}_1 \bar{u}_1 + \dot{\theta}_2 \bar{u}_2 + \dot{\theta}_3 \bar{u}_3$ $\bar{\omega}_4 = \dot{\theta}_1 \bar{u}_1 + \dot{\theta}_2 \bar{u}_2 + \dot{\theta}_3 \bar{u}_3 + \dot{\theta}_4 \bar{u}_4$

http://www.cadmen.com

Recurdyn- It just works better

遞迴方程式之隱性積分器

RecurDyn®	Explicit
$R(y_{n+1}, \dot{y}_{n+1}) = y_{n+1} - y_n - h\dot{y}_{n+1} = 0$ $G(y_{n+1}, \dot{y}_{n+1}) = \begin{bmatrix} y_{n+1} - y_n - h\dot{y}_{n+1} \\ M\dot{y}_{n+1} - Q(y_{n+1}) \end{bmatrix} = 0$ 需求 JACOBIAN OF Q_{y_n}	$y_{n+1}^{(i+1)} = y_n + h\dot{y}_{n+1}^{(i)}$ $M\dot{y}_{n+1} = Q(y_{n+1})$

http://www.cadmen.com

參考文獻

1. Bae, D.S. and Haug, E.J., "A Recursive Formulation for Constrained Mechanical System Dynamics: Part I. Open Loop System", Mech. Structure and Machines, Vol. 15, No.3, p. 359-382(1987)
2. Bae, D.S. and Haug, E.J., "A Recursive Formulation for Constrained Mechanical System Dynamics: Part II. Closed Loop System", Mech. Structure and Machines, Vol. 15, No.4, p. 481-506(1987)
3. Bae, D.S., Han, J.M., Choi, J.H., Yang, S.M., "A Generalized Recursive Formulation for Constrained Flexible Multibody Dynamics", International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol. 50, p.1481~1859(2001)
4. Brenan, K.E., Campbell, S.L., and Perzold, L.R.. Numerical Solution of Initial Value Problems in Differential-Algebraic Equations, Classics in Applied Mathematics. ISBN: 0-89871-353-6 (pbk.) (1996)
5. Anthony Hays, "Aerospace Engineering", pp. 27, 2003.11
<http://www.sae.org/aeromag/compengineering/11-2003/2-23-10-27.pdf>
6. RecurDyn User Guide, Functionbay Inc., (2004)

讓您的學習無地域和時間限制

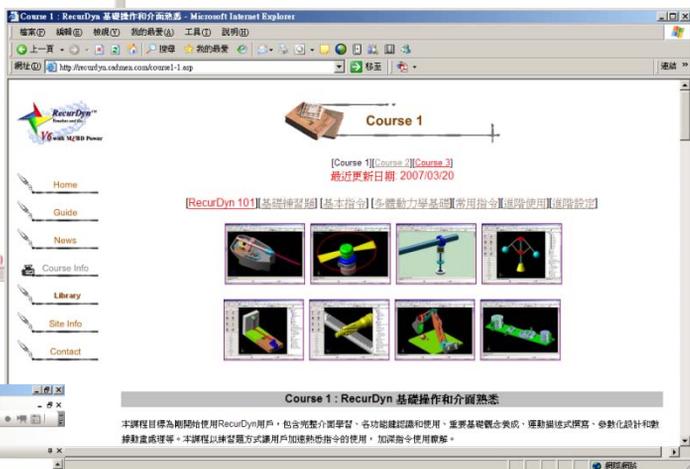
RecurDyn™ 線上學習資源

為了讓用戶可以隨時複習RecurDyn課程，擺脫傳統一般教學的限制，像是開課時間無法配合、上完課後沒有複習的配套機制、上課趕不上進度等問題和不完美規劃，同時隨時更新課程教材，讓用戶隨時上網直接上課，上課的程序和內容就是以一般上課的架構進行，所以，基本上以一個初學者來說絕對可以不透過一般上課方式來學習操作和重要的技術。

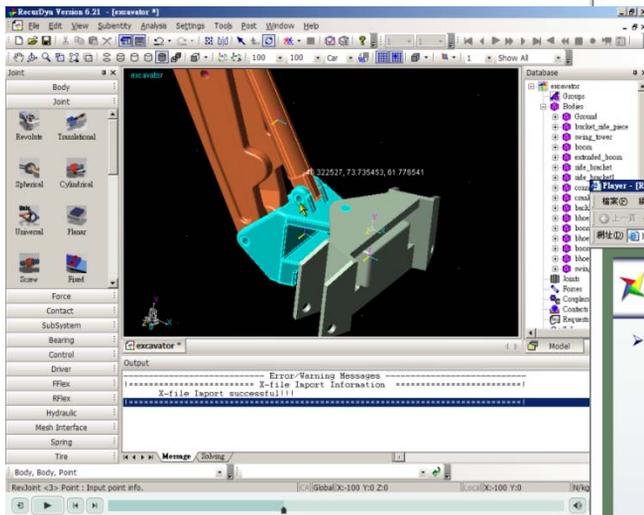
「RecurDyn線上學習」是結合靜、動態呈現方式的網頁，不是死板板的靜態操作步驟，是以動畫方式呈現，任何初學者只要照著動畫進行，就可以和講師一樣完成練習，可以不斷重複練習。



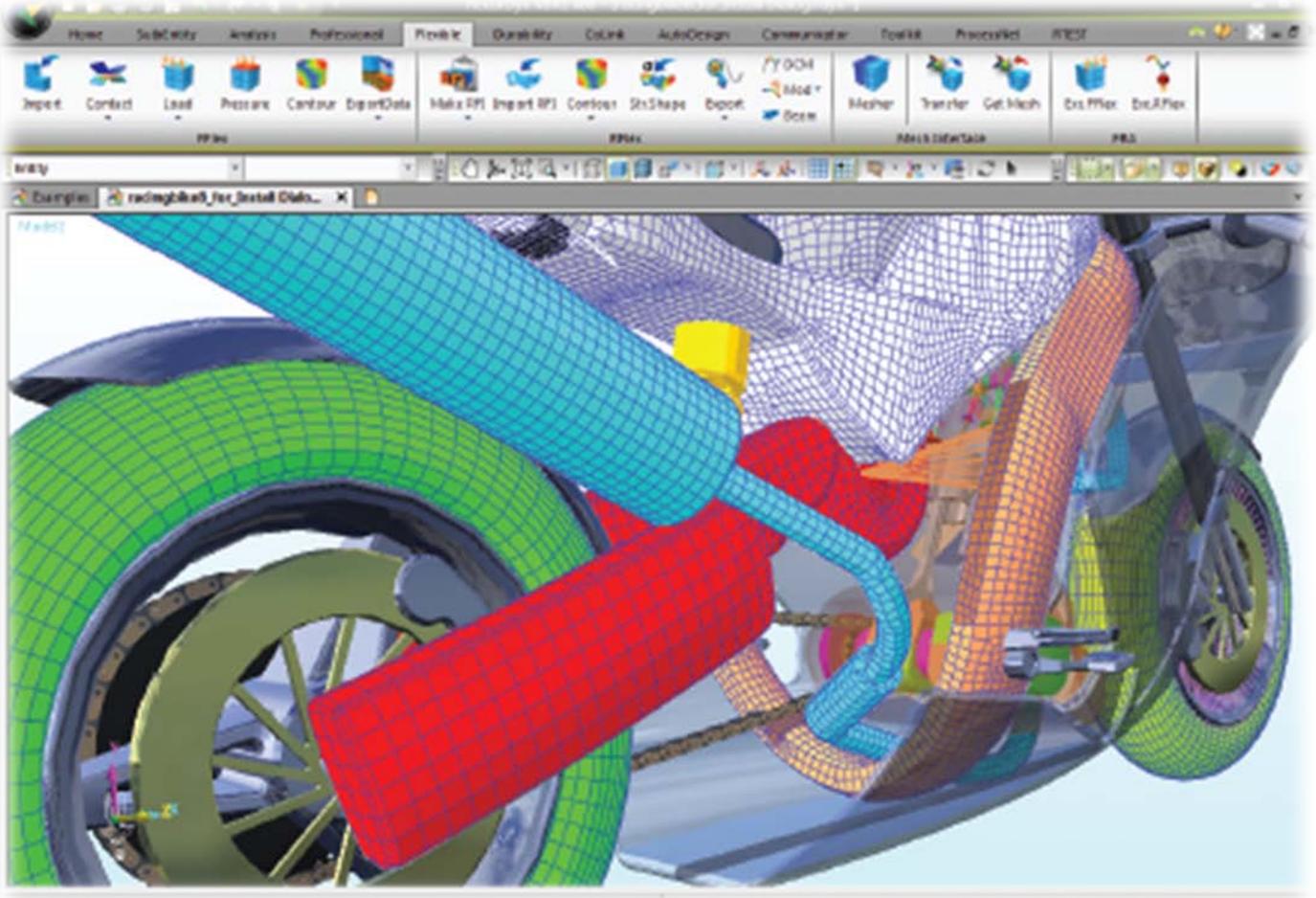
- 專屬帳號和密碼
- 相關工程資料庫
- 多樣化數位內容
- 靜、動態資料



➤ 使用Flash技術，檔案傳輸速度快



http://recurdyn.cadmen.com



CADMEN®

最專業技術團隊服務您

總代理-虎門科技股份有限公司

台北總公司:新北市板橋區縣民大道二段68號11樓

台中分公司:台中市文心路三段447號30樓之2

網址: WWW.CADMEN.COM

技術支援: CAE-SUPPORT@CADMEN.COM

(聯絡人: 廖偉志)

TEL: 02-29567575

TEL: 04-22966080

FAX: 02-29565180

FAX: 04-22966071