

國立虎尾科技大學

機械與機電工程研究所

期 末 報 告

系 統 整 合 設 計

System Integration Design

研 究 生：李 玠 廷

指 導 教 授：嚴 家 銘

中 華 民 國 一 零 零 年 六 月 二 十 一 日

目錄

目錄	i
圖目錄	ii
作者簡介	iv
前言	v
第一章	使用工具.....	1
第二章	範例與結果比較.....	2
第三章	CMSimple 展示.....	
第四章	心得討論.....	20
第五章	參考文獻.....	22
第六章	附錄.....	22

圖目錄

圖 1	機電光資控制整合.....	v
圖 2.	Scicos 類比計算方法模擬 Rossler attractor.....	3
圖 3.	ScicosLab 數值分析方法模擬 Rossler attractor.....	3
圖 4.	C+gnuplot 數值分析方法模擬 Rossler attractor.....	4
圖 5.	Dynamic system - example1	5
圖 6.	自由體圖:Dynamic system - example1	5
圖 7.	cicos 類比計算方法模擬 example1 之 M1 位移曲線圖.....	5
圖 8.	Scicos 類比計算方法模擬 example1 之 M2 位移曲線圖.....	5
圖 9.	Scicos 類比計算方法模擬 example1 之 M3 位移曲線圖.....	6
圖 10.	Scicos 類比計算方法模擬 example1.....	7
圖 11.	ScicosLab 數值分析方法模擬 example1.....	7
圖 12.	C+gnuplot 數值分析方法模擬 example1.....	7
圖 13.	20-sim 鍵結圖法模擬 example1.....	8
圖 14.	Dynamic system - example2.....	8
圖 15.	自由體圖:Dynamic system - example2	8
圖 16.	Scicos 類比計算方法模擬 example2.....	9
圖 17.	ScicosLab 數值分析方法模擬 example2.....	9
圖 18.	C+gnuplot 數值分析方法模擬 example2.....	9
圖 19.	20-sim 鍵結圖法模擬 example2.....	10
圖 20.	Dynamic system - example3.....	10
圖 21.	自由體圖:Dynamic system - example3.....	10
圖 22.	Scicos 類比計算方法模擬 example3.....	11
圖 23.	ScicosLab 數值分析方法模擬 example3.....	11
圖 24.	C+gnuplot 數值分析方法模擬 example3.....	11
圖 25.	20-sim 鍵結圖法模擬 example3.....	12
圖 26.	Dynamic system - example4.....	12
圖 27.	自由體圖:Dynamic system - example4.....	12
圖 28.	Scicos 類比計算方法模擬 example4.....	13
圖 29.	ScicosLab 數值分析方法模擬 example4.....	13
圖 30.	C+gnuplot 數值分析方法模擬 example4.....	13
圖 31.	20-sim 鍵結圖法模擬 example4.....	14
圖 32.	Dynamic system - example5.....	14
圖 33.	自由體圖:Dynamic system - example5.....	14
圖 34.	Scicos 類比計算方法模擬 example5.....	15

圖 35.	ScicosLab 數值分析方法模擬 example5.....	15
圖 36.	C+gnuplot 數值分析方法模擬 example5.....	15
圖 37.	20-sim 鍵結圖法模擬 example5.....	16
圖 38.	Dynamic system - example6.....	16
圖 39.	自由體圖:Dynamic system - example6.....	16
圖 40.	Scicos 類比計算方法模擬 example6.....	17
圖 41.	ScicosLab 數值分析方法模擬 example6.....	17
圖 42.	C+gnuplot 數值分析方法模擬 example6.....	18
圖 43.	20-sim 鍵結圖法模擬 example6.....	18
圖 44.	Dynamic system - example7.....	19
圖 45.	自由體圖:Dynamic system - example7.....	19
圖 46.	Scicos 類比計算方法模擬 example7.....	20
圖 47.	ScicosLab 數值分析方法模擬 example7.....	20
圖 48.	C+gnuplot 數值分析方法模擬 example7.....	21
圖 49.	20-sim 鍵結圖法模擬 example7.....	21
圖 50.	CMSimple 整合 MyPhysicsLab.....	22
圖 51.	CMSimple-single spring.....	23
圖 52.	CMSimple-double spring.....	23
圖 53.	CMSimple-pendulum.....	23
圖 54.	CMSimple-chaotic pendulum.....	23
圖 55.	CMSimple-double pendulum.....	23
圖 56.	CMSimple-2D spring.....	23
圖 57.	CMSimple-double 2D spring.....	24
圖 58.	CMSimple-colliding blocks.....	24
圖 59.	CMSimple-cart with pendulum.....	24
圖 60.	CMSimple-dangling stick.....	24
圖 61.	CMSimple-rigid body collisions.....	24
圖 62.	CMSimple-sumo wrestling game.....	24
圖 63.	CMSimple-roller coaster with spring.....	25
圖 64.	CMSimple-roller coaster with 2 balls.....	25
圖 65.	CMSimple-roller coaster with flight.....	25
圖 66.	CMSimple-molecule 6.....	25
圖 67.	20sim-2.3 之 example1 邊界位修正圖形輸出.....	27
圖 68.	20sim-2.3 之 example1 邊界修正圖形輸出.....	27

作者簡介

姓 名	李玠廷	性 別	男	
E-Mail	ting911111@gmail.com			
最高學歷	國立虎尾科技大學機械設計工程系			
次高學歷	私立大同高級中學機械科			
最高學歷：國立虎尾科技大學機械設計工程系				
次高學歷：私立大同高級中學機械科				
休閒興趣	閱讀書籍、打籃球、音樂賞析			
個 性	樂觀積極向上			
參加過的技能檢定名稱：				
全國技能檢定鉗工丙級			考取	

前言

現今許多系統是由諸多領域技術之結合，在整合部分更是所面臨難題之一，由不同領域之整合可創造出不同之系統或產品，如圖 1.機電光資控整合所示，圖中包括了機電工程、軟體工程、電機工程、控制工程等領域，而將各個領域做整合則可開發出新式電動車、綠色環保大樓等產品。

開發產品時盡可能擴大所涵蓋之範圍，納入各領域之考量，在系統所包覆之範圍內依序相互支援，減少損耗功率，並使資源可重複使用，期系統永續運作，以延長產品生命週期。

課程中使用了四種工具來模擬系統狀態，包括了 Scicos 類比法、 Scicoslab 數值分析法、C + Runge-kutta 數值分析法、和 20sim-鍵結圖法，利用此四種工具來解課堂範例，並觀察其結果與比對。

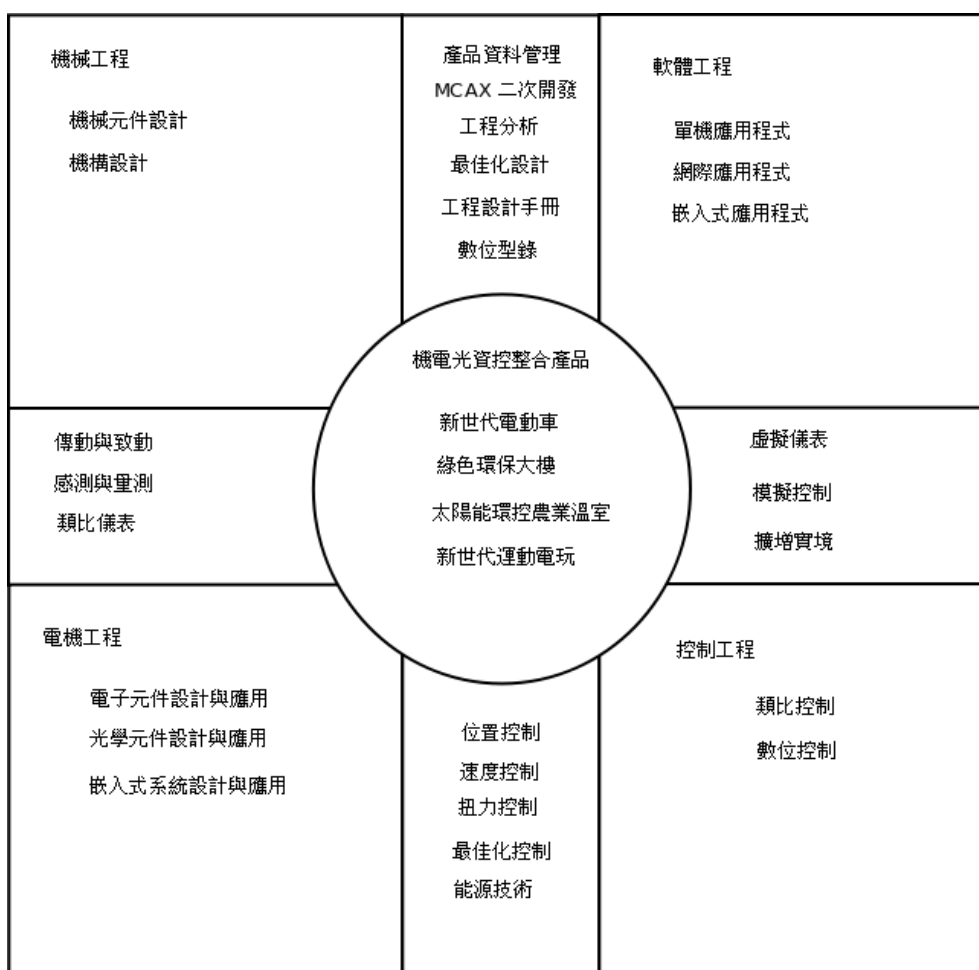


圖 1. 機電光資控整合

第一章 使用工具

ScicosLab :

一套自由開源的軟體，是由 Scilab 改名而來。改名是爲了避免與 Scilab 中混淆而做的決定，因爲 INRIA¹ 不在對其進行開發。早期是由 INRIA¹ 和 ENPC² 的研發人員來發展 Scilab。ScicosLab 是 Metalau 團隊特別開發出來的新軟體，如 Scicos (Scicos 4.3 in ScicosLab 4.3) 和 Maxplus algebra toolbox。

Scicos :

是一個圖形化模組和動態模擬系統。用於 signal processing，systems control，queuing systems，和研究 physical 與 biological systems。使用者以方塊圖來建立動態模擬系統模組，透過編譯模組轉成可執行碼。

With Scicos you can:

- 圖形化模組，編譯，和動態模擬系統
- 在同模組下結合連續時間和離散時間
- 可從模板選取標準模塊
- 用 C、Fortran、或 Scilab 語言來創建新模塊
- 在 Scilab 環境中以 batch mode 來模擬
- 從 Scicos 模組使用程式碼產生器來生成 C 程式碼
- 使用 Scicos-HIL³ 設備來進行即時模擬
- 使用 Scicos-RTAI⁴ 和 Scicos-FLEX 產生即時硬體控制文件
- 在 Modelica 語言中使用 implicit blocks 發展
- 使用 toolboxes 探索 Scicos 性能

Bond Graph :

是使用圖示表示物理動態系統之方法，它類似知名的方塊圖和信號流圖，最主要的區別在於鍵結圖裡的箭頭是雙向交流之物理能量，而方塊圖和信號流圖是單向的信息流。

在 Bond Graph 模擬法中，共定義了 C (儲位能元件)，I (儲動能元件)，R (阻尼元件)，TF (轉能結)，GY (迴能結)，1 (共流結)，0 (共勢結)，Se (勢源)，Sf (流源) 等九種基本的動態系統模擬元件。

¹ Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (法國國立計算機及自動化研究院)

² Ecole Nationale des Ponts et des Chaussées (法國國立路橋大學校)

³ Scicos-HIL : Scicos Hardware In The Loop (Scicos硬體迴路)

⁴ Scicos-RTAI : Scicos code generation for hard real time Linux (Scicos產生實時硬體之編碼)

第二章 範例與結果比較

Rossler attractor (羅斯勒吸引子)

Chaotic Dynamics of a Rössler Attractor

The Rössler system [54] given below has chaotic behavior for certain values of the parameters a , b and c :

$$\begin{aligned}\dot{x} &= -(y + z), \\ \dot{y} &= x + ay, \\ \dot{z} &= b + z(x - c).\end{aligned}$$

This system is modeled in Figure 7.11 with $a = b = 0.2$ and $c = 5.7$. The initial conditions are set to zero. The 2D scope is used to plot y against x . The result is given in Figure 7.12.

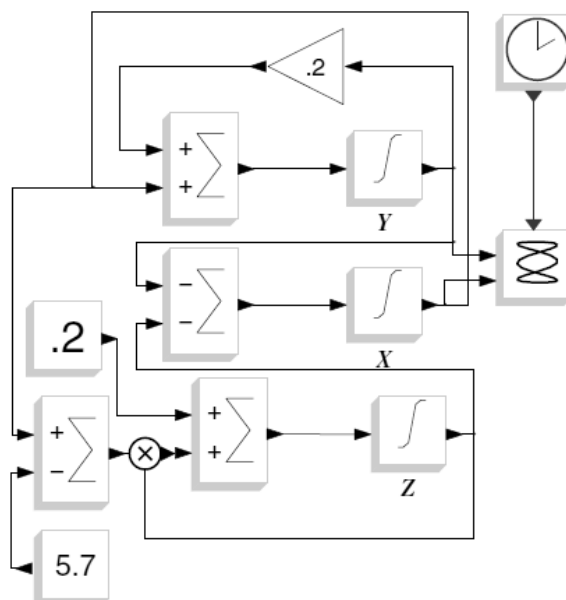


Figure 7.11. Scicos implementation of the Rössler attractor.

[54] O. E. Rössler. An equation for continuous chaos. *Phys. Lett.*, 35A:397–398, 1976.

採類比計算方法，以 Scicos 進行模擬：

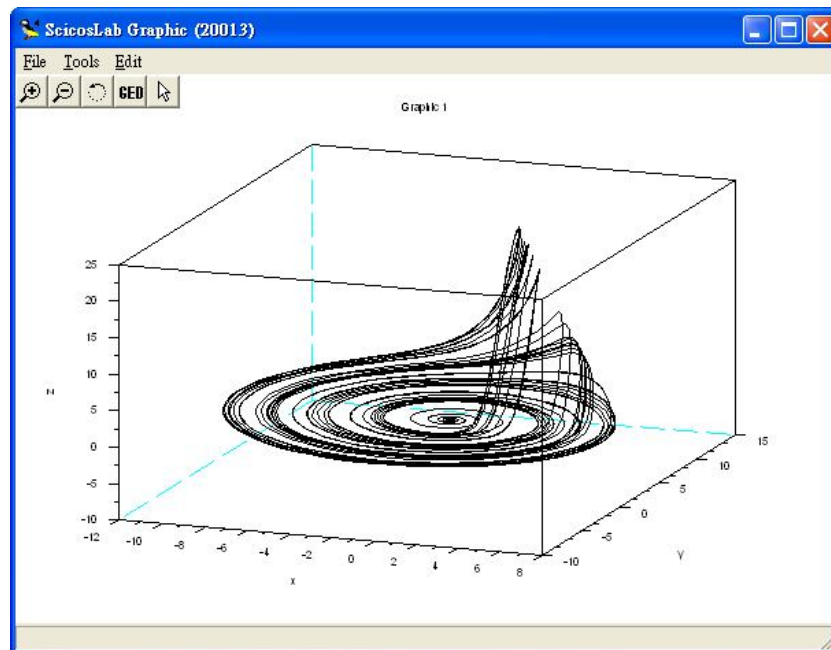


圖 2. Scicos 類比計算方法模擬 Rossler attractor

採數值分析方法，以 ScicosLab 進行模擬：

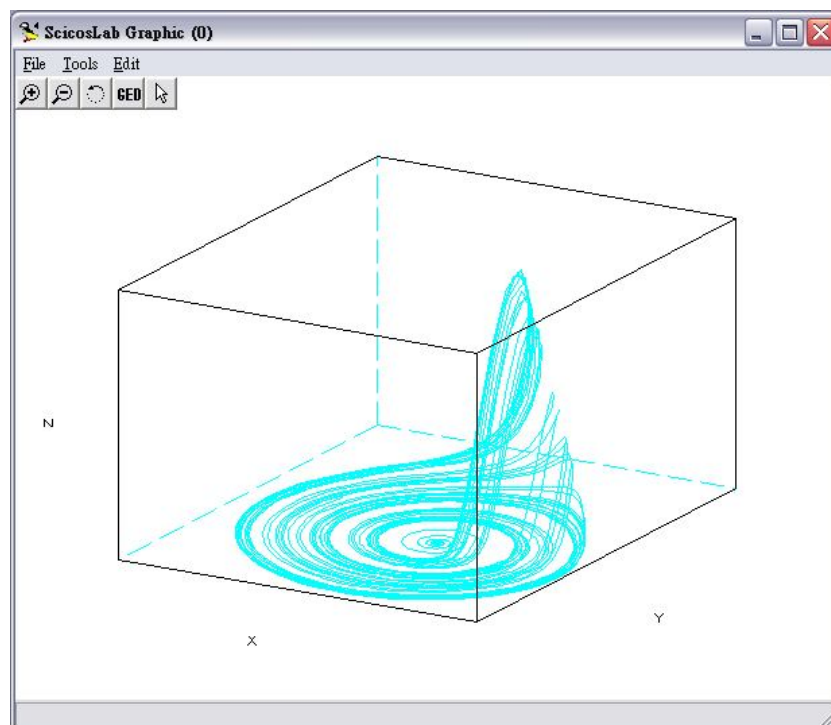


圖 3. ScicosLab 數值分析方法模擬 Rossler attractor

採數值分析方法，以 C + gnuplot 進行模擬：

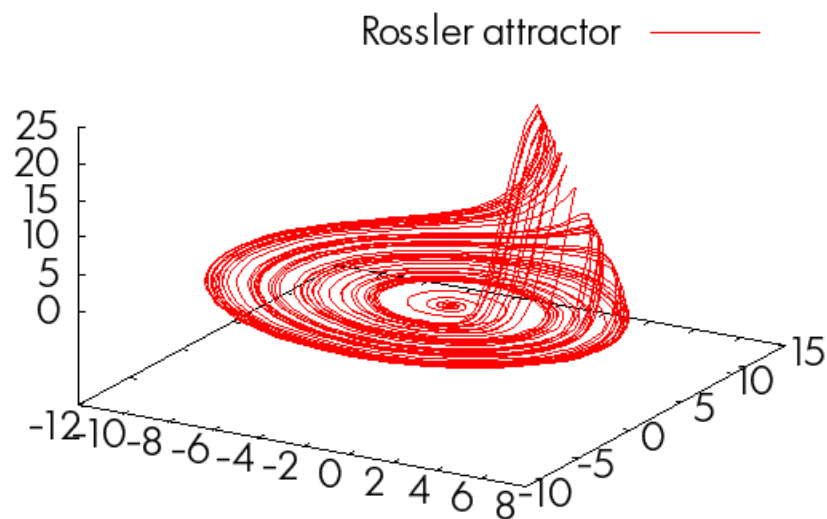


圖 4. C+gnuplot 數值分析方法模擬 Rossler attractor

數值比較

0.1 secends			
Scicoslab :	-0.0008335	-0.0000292	0.0152444
c+gnuplot :	-0.000836	-0.000029	0.015228
50 secends			
Scicoslab :	1.973471	3.5839556	0.0718811
c+gnuplot :	1.973563	3.583796	0.071883
100 secends			
Scicoslab :	-0.1897332	-4.012947	0.0310638
c+gnuplot :	-0.193913	-4.021986	0.031040
150 secends			
Scicoslab :	3.3290181	-1.1480765	1.5227024
c+gnuplot :	3.336053	-1.134580	1.552359
200 secends			
Scicoslab :	-6.2190893	0.8197600	0.0344729
c+gnuplot :	-7.415289	-1.005381	0.026466
250 secends			
Scicoslab :	5.7340037	-2.8270102	0.0264671
c+gnuplot :	6.686500	0.092775	0.070616
300 secends			
Scicoslab :	-7.5932533	4.0071396	0.0588139
c+gnuplot :	-10.115570	-0.167372	0.028255

Dynamic system

Example 1 :

根據下列的動態系統 (所有質量與對應係數皆設為 1)

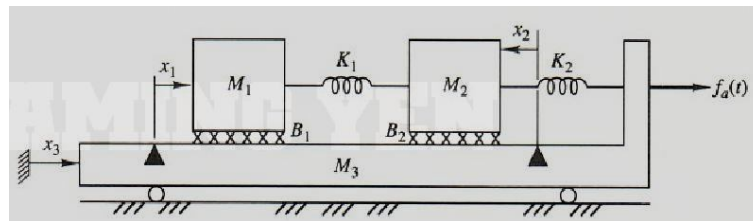
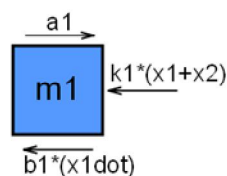


圖 5. Dynamic system – example1

自由體圖

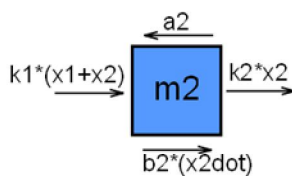


m1 加速度

$$F=ma$$

$$-(b_1 \cdot \dot{x}_1) - (k_1 \cdot (x_1 + x_2)) = m_1 \cdot (\ddot{x}_1 + \ddot{x}_3)$$

$$\ddot{x}_1 = ((-b_1 \cdot \dot{x}_1 - k_1 \cdot (x_1 + x_2)) / m_1) + \ddot{x}_3$$

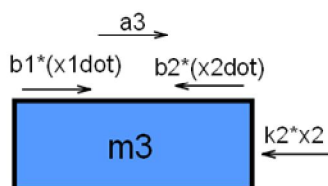


m2 加速度

$$F=ma$$

$$(b_2 \cdot \dot{x}_2) + (k_1 \cdot (x_1 + x_2)) + (k_2 \cdot x_2) = m_2 \cdot (\ddot{x}_2 + \ddot{x}_3)$$

$$\ddot{x}_2 = (((b_2 \cdot \dot{x}_2) + (k_1 \cdot (x_1 + x_2)) + (k_2 \cdot x_2)) / m_2) + \ddot{x}_3$$



m3 加速度

$$F=ma$$

$$(b_1 \cdot \dot{x}_1) - (b_2 \cdot \dot{x}_2) - (k_2 \cdot x_2) = m_3 \cdot \ddot{x}_3$$

$$\ddot{x}_3 = ((b_1 \cdot \dot{x}_1) - (b_2 \cdot \dot{x}_2) - (k_2 \cdot x_2)) / m_3$$

圖 6. 自由體圖: Dynamic system – example1

若 $f_a(0)=0$ ，在 $x_2=-1$ ， $x_1=x_3=0$ 的起始條件下，試利用類比計算器與數值分析的方法，模擬系統的動態運動結果。

採類比計算方法，以 Scicos 進行模擬：

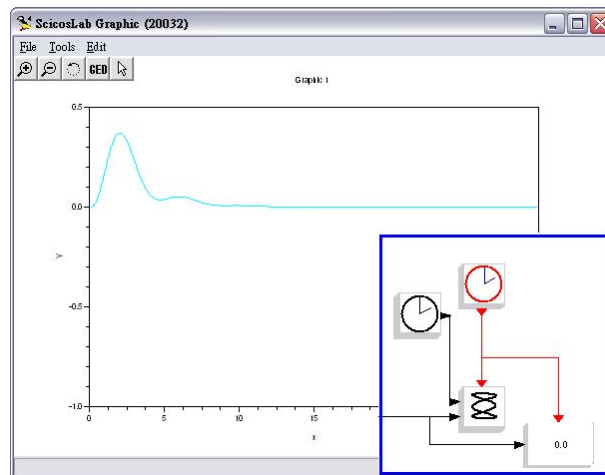


圖 7. Scicos 類比計算方法模擬 example1 之 M_1 位移曲線圖

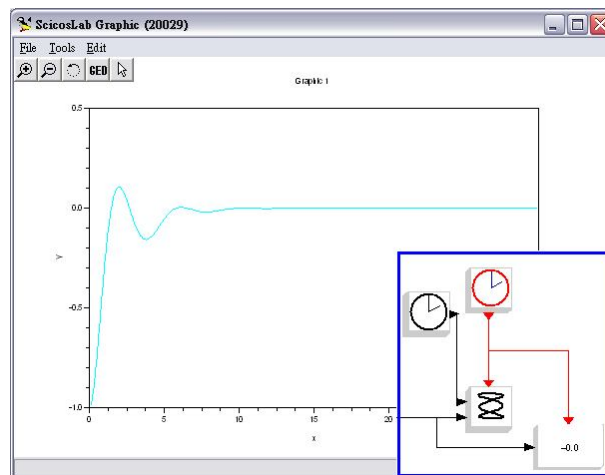


圖 8. Scicos 類比計算方法模擬 example1 之 M_2 位移曲線圖

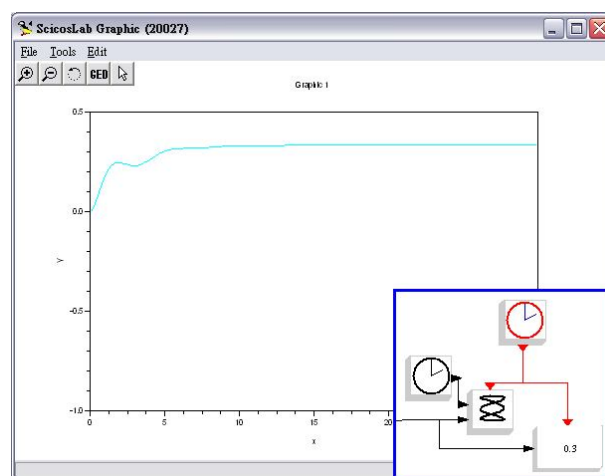


圖 9. Scicos 類比計算方法模擬 example1 之 M_3 位移曲線圖

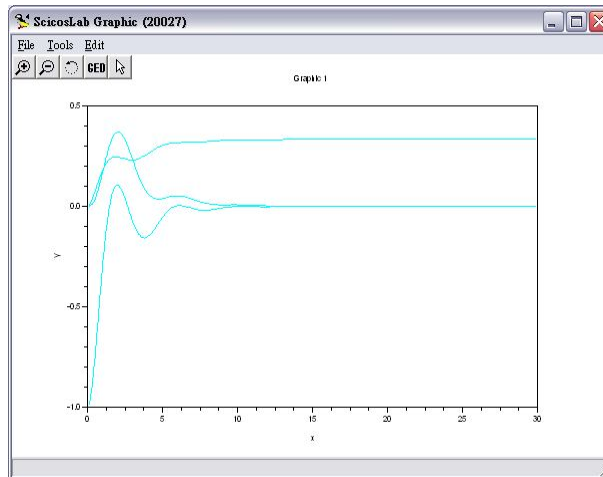


圖 10. Scicos 類比計算方法模擬 example1

採數值分析方法，以 ScicosLab 進行模擬：

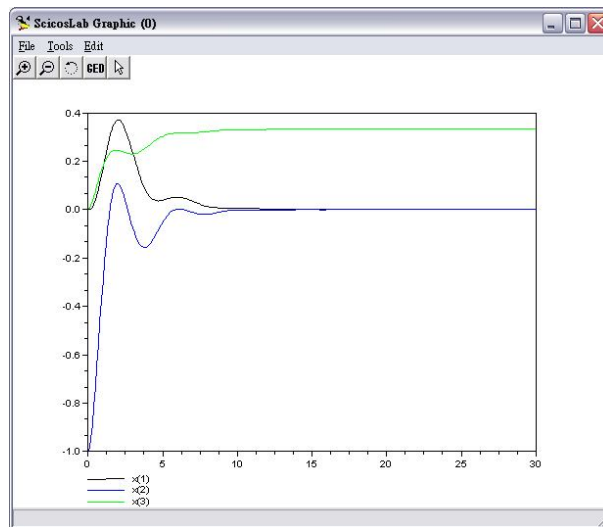


圖 11. ScicosLab 數值分析方法模擬 example1

採數值分析方法，以 C + Gnuplot 進行模擬：

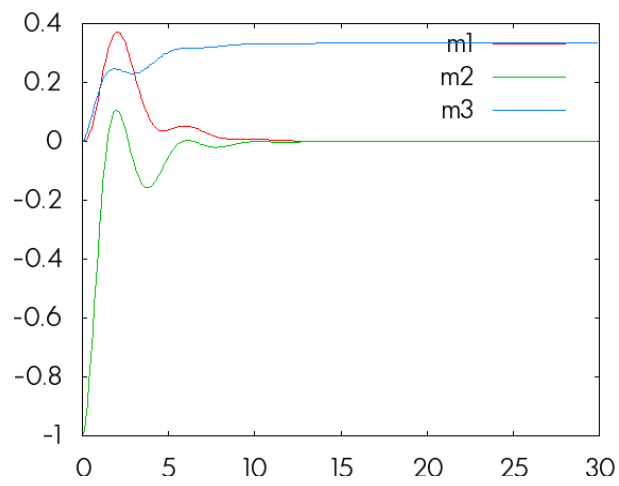


圖 12. C+Gnuplot 數值分析方法模擬 example1

採 Bond Graph，以 20-sim 進行模擬：

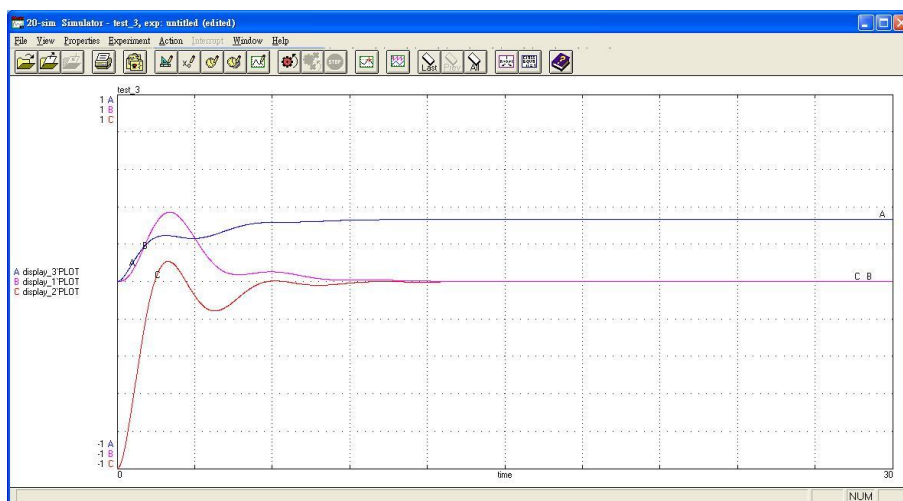


圖 13. 20-sim 鍵結圖法模擬 example1

Example 2 :

根據下列的動態系統 (所有質量與對應係數皆設為 1)

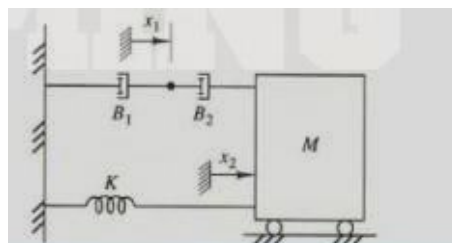


圖 14. Dynamic system – example2

自由體圖

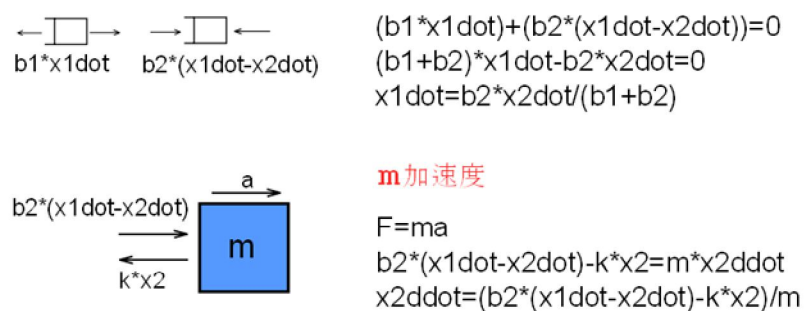


圖 15. 自由體圖: Dynamic system – example2

若 $fa(0)=0$ ， $x1 = -3$ 的起始條件下，試利用類比計算器、數值分析的方法、與鍵結圖模擬法，模擬系統的動態運動結果。

採類比計算方法，以 Scicos 進行模擬：

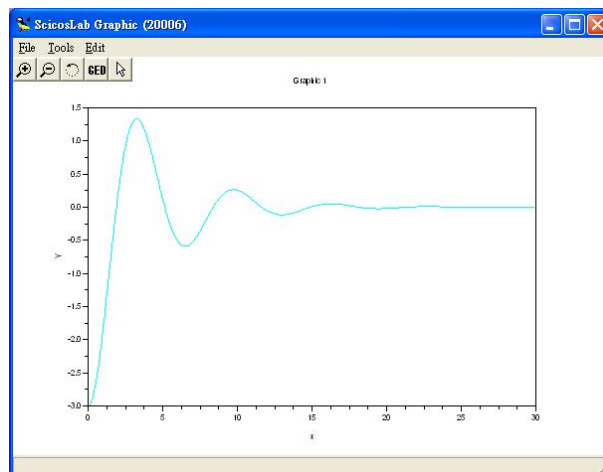


圖 16. Scicos 類比計算方法模擬 example2

採數值分析方法，以 ScicosLab 進行模擬：

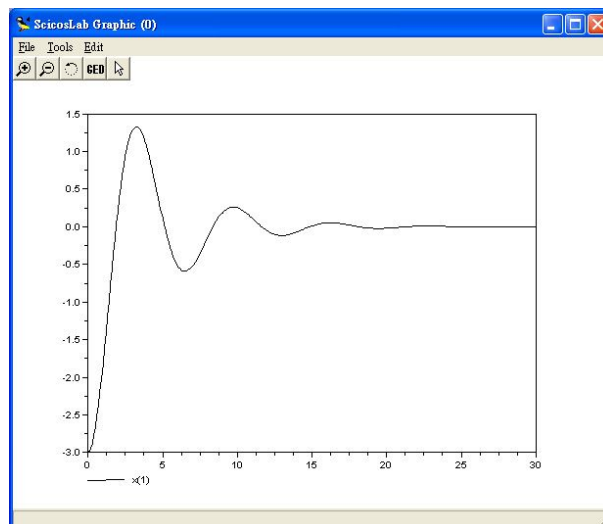


圖 17. ScicosLab 數值分析方法模擬 example2

採數值分析方法，以 C + Gnuplot 進行模擬：

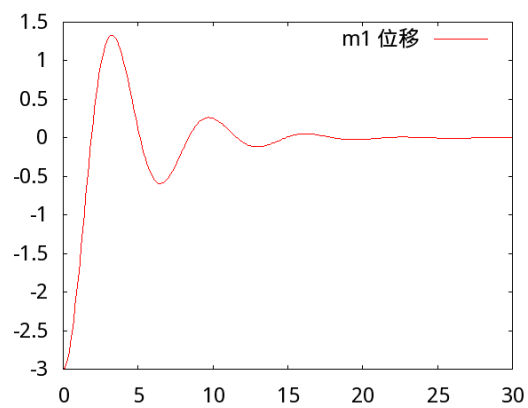


圖 18. C+GnuPlt 數值分析方法模擬 example2

採 Bond Graph，以 20-sim 進行模擬：

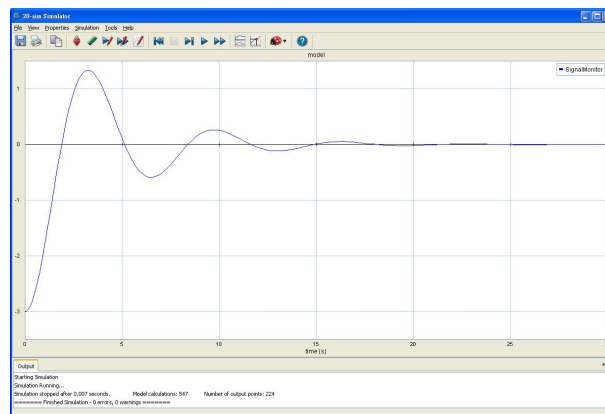


圖 19. 20-sim 鍵結圖法模擬 example2

Example 3 :

根據下列的動態系統 (所有質量與對應係數皆設為 1)

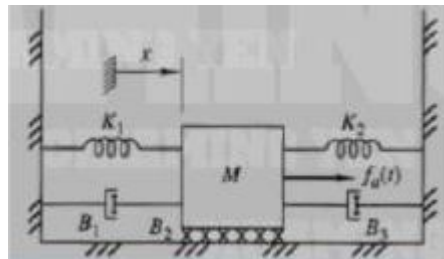


圖 20. Dynamic system – example3

自由體圖

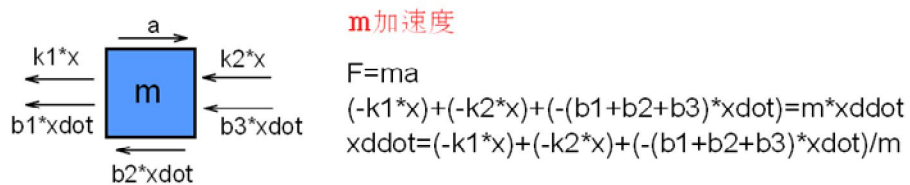


圖 21. 自由體圖: Dynamic system – example3

若 $f_a(0)=0$ ， $x_1 = 1$ 的起始條件下，試利用類比計算器、數值分析的方法、與鍵結圖模擬法，模擬系統的動態運動結果。

採類比計算方法，以 Scicos 進行模擬：

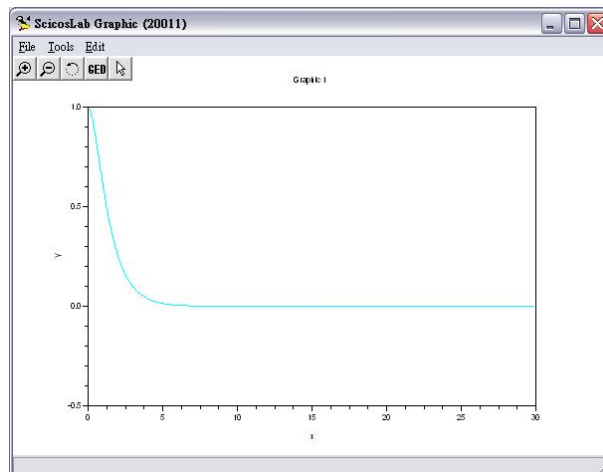


圖 22. Scicos 類比計算方法模擬 example3

採數值分析方法，以 ScicosLab 進行模擬：

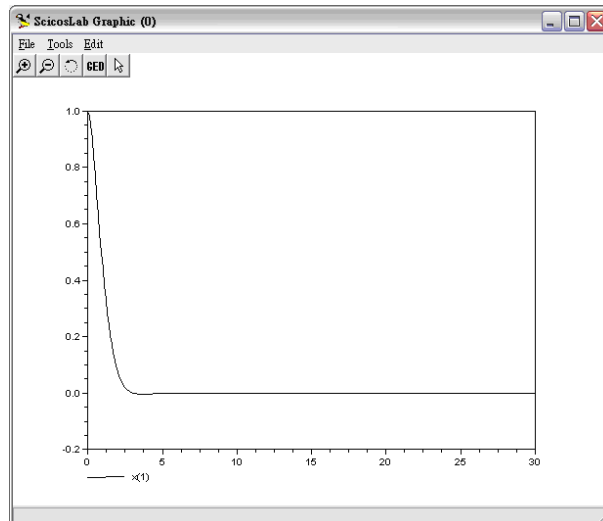


圖 23. ScicosLab 數值分析方法模擬 example3

採數值分析方法，以 C + Gnuplot 進行模擬：

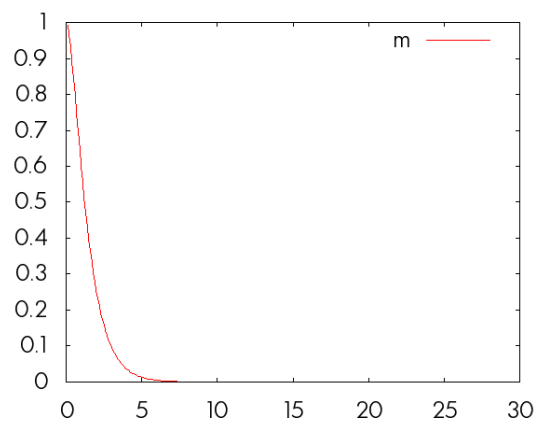


圖 24. C+GnuPlt 數值分析方法模擬 example3

採 Bond Graph，以 20-sim 進行模擬：

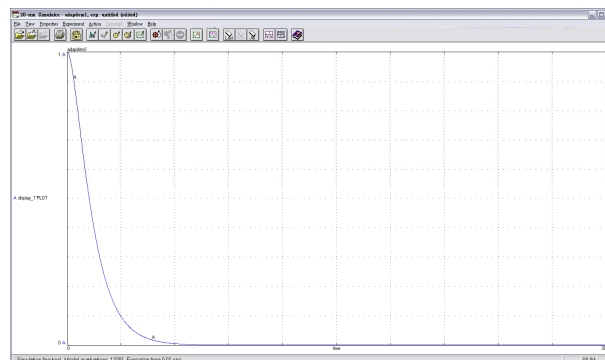


圖 25. 20-sim 鍵結圖法模擬 example3

Example 4 :

根據下列的動態系統 (所有質量與對應係數皆設為 1)

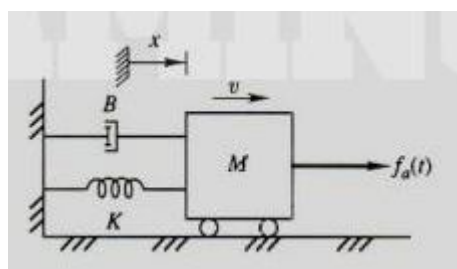


圖 26. Dynamic system – example4

自由體圖

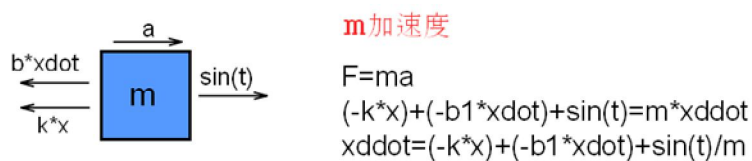


圖 27. 自由體圖: Dynamic system – example4

若 $f_a(t) = \text{Sine wave}$ ， $x = 0$ 的起始條件下，試利用類比計算器、數值分析的方法、與鍵結圖模擬法，模擬系統的動態運動結果。

採類比計算方法，以 Scicos 進行模擬：

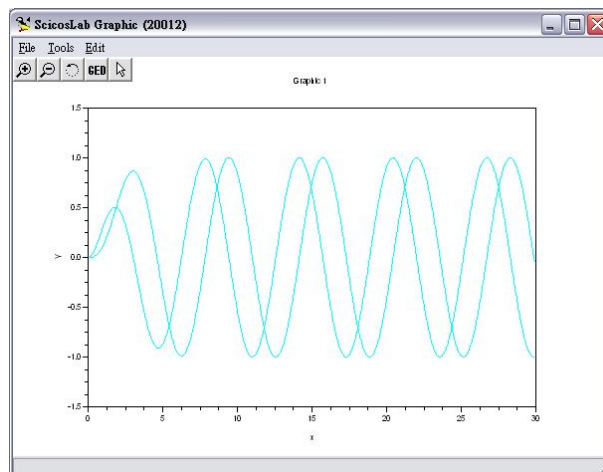


圖 28. Scicos 類比計算方法模擬 example4

採數值分析方法，以 ScicosLab 進行模擬：

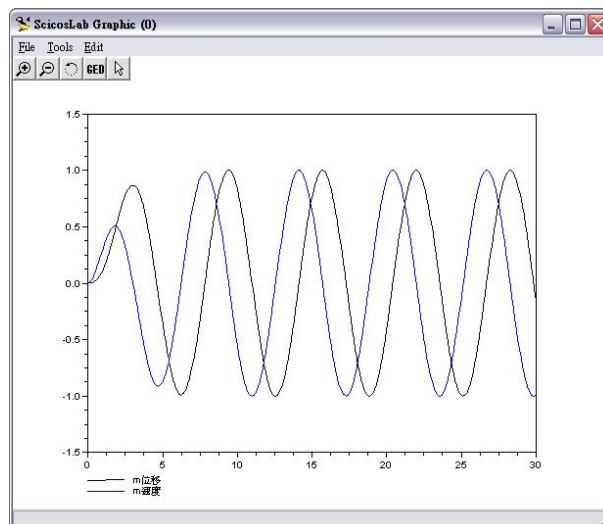


圖 29. ScicosLab 數值分析方法模擬 example4

採數值分析方法，以 C + Gnuplot 進行模擬：

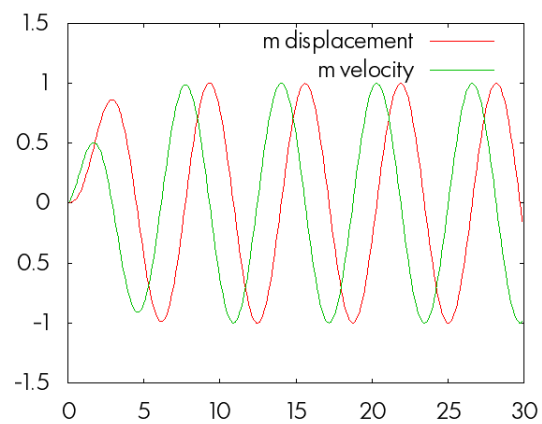


圖 30. C+GnuPlt 數值分析方法模擬 example4

採 Bond Graph，以 20-sim 進行模擬：

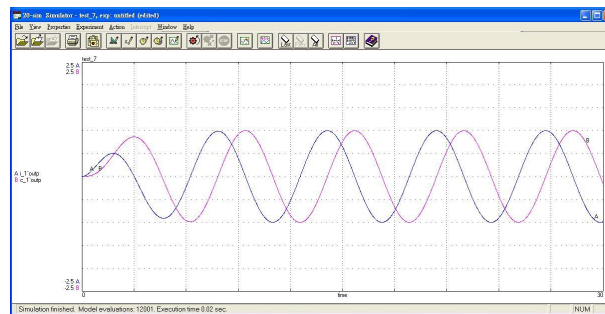


圖 31. 20-sim 鍵結圖法模擬 example4

Example 5 :

根據下列的動態系統（除了彈簧係數為 2 以外，所有質量與對應係數皆設為 1）

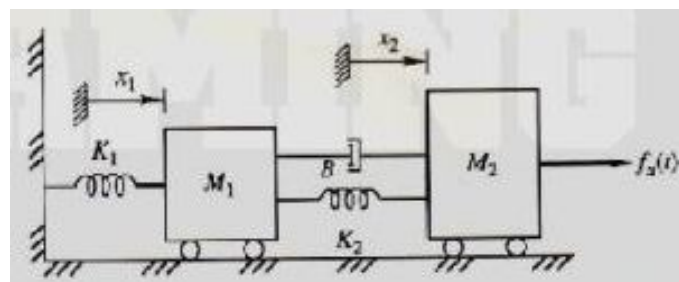


圖 32. Dynamic system – example5

自由體圖

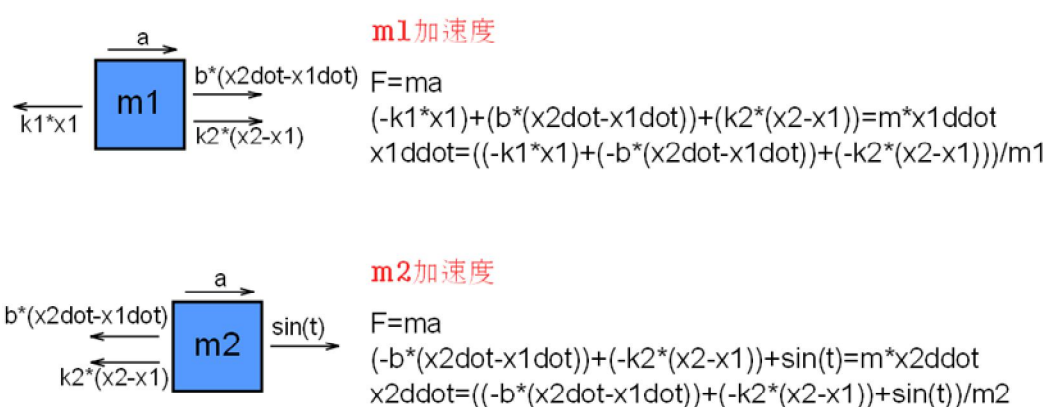


圖 33. 自由體圖: Dynamic system – example5

若 $f_a(t) = \text{Sine wave}$ ， $x_1 = 0$ ， $x_2 = 0$ 的起始條件下，試利用類比計算器、數值分析的方法、與鍵結圖模擬法，模擬系統的動態運動結果。

採類比計算方法，以 Scicos 進行模擬：

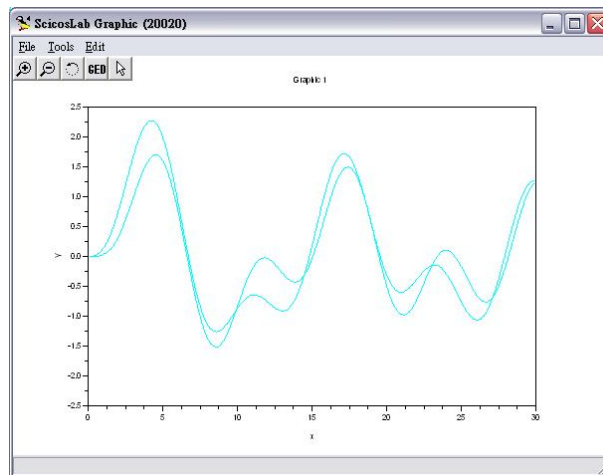


圖 34. Scicos 類比計算方法模擬 example5

採數值分析方法，以 ScicosLab 進行模擬：

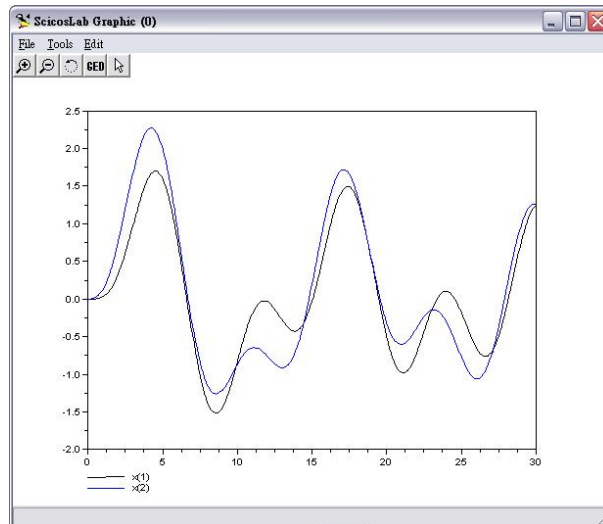


圖 35. ScicosLab 數值分析方法模擬 example5

採數值分析方法，以 C + Gnuplot 進行模擬：

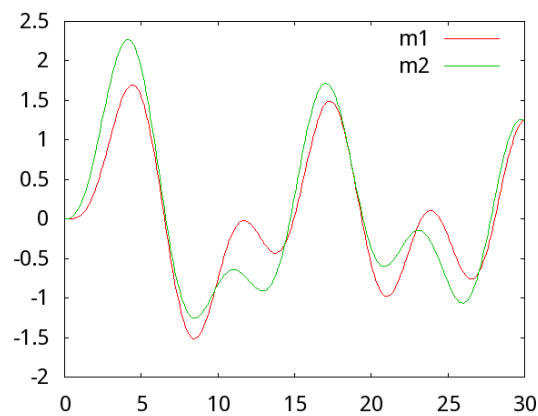


圖 36. C+GnuPlt 數值分析方法模擬 example5

採 Bond Graph，以 20-sim 進行模擬：

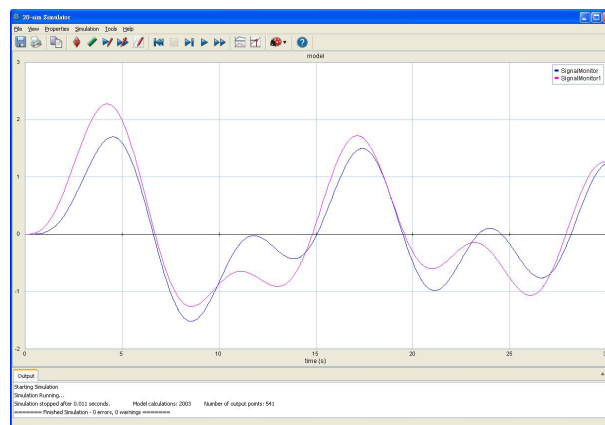


圖 37. 20-sim 鍵結圖法模擬 example5

Example 6：

根據下列的動態系統（所有質量與對應係數皆設為 1）

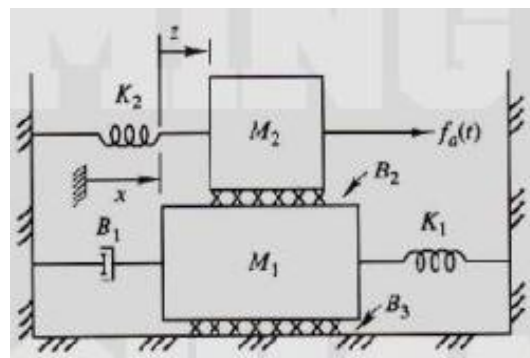


圖 38. Dynamic system – example6

自由體圖

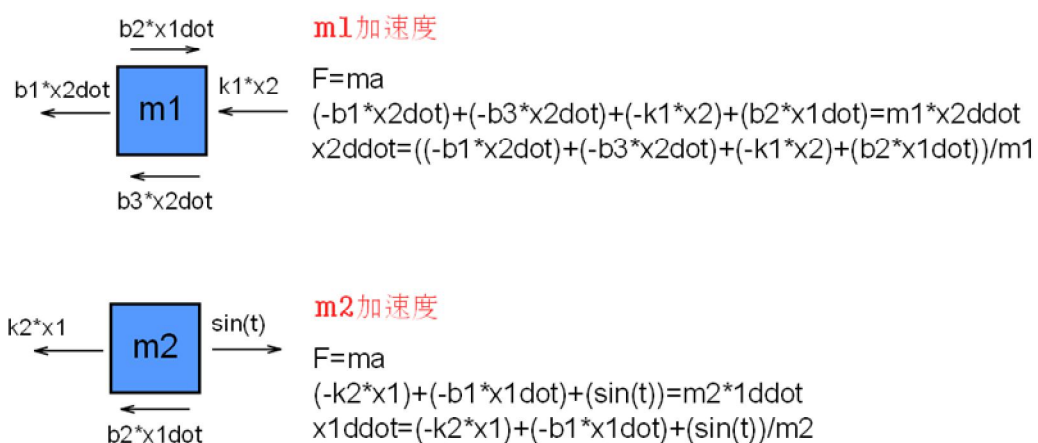


圖 39. 自由體圖 Dynamic system – example6

若 $f_a(t) = \text{Sine wave}$ ， $x_1 = 0$ ， $x_2 = 0$ 的起始條件下，試利用類比計算器、數值分析的方法、與鍵結圖模擬法，模擬系統的動態運動結果。

採類比計算方法，以 Scicos 進行模擬：

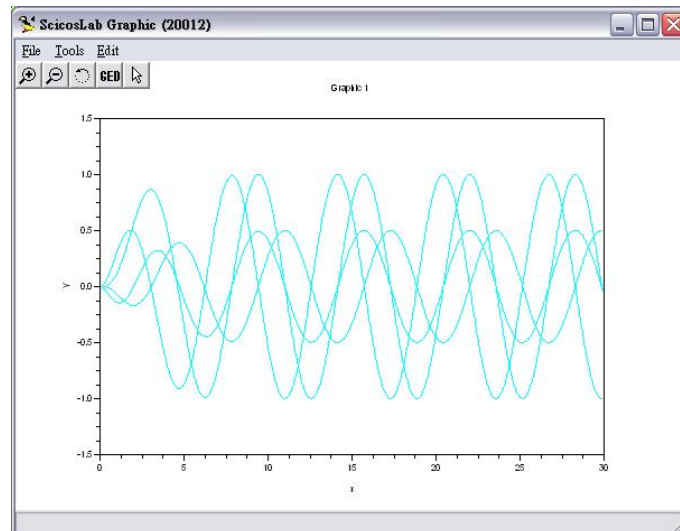


圖 40. Scicos 類比計算方法模擬 example6

採數值分析方法，以 ScicosLab 進行模擬：

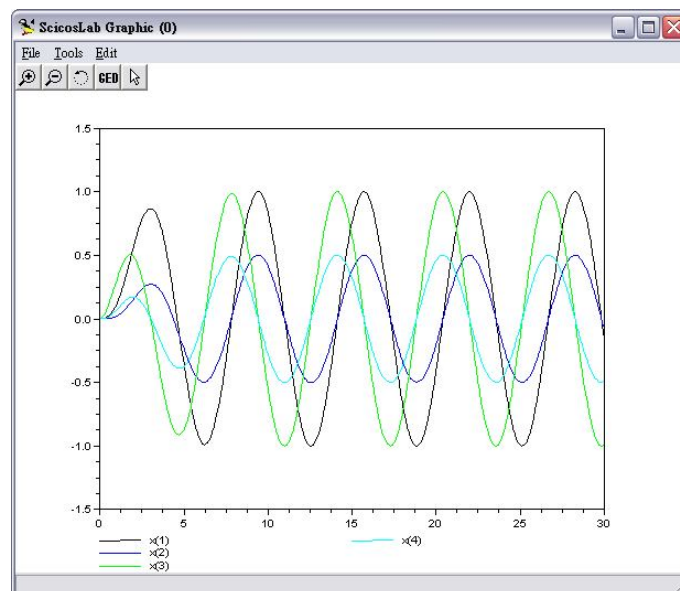


圖 41. ScicosLab 數值分析方法模擬 example6

採數值分析方法，以 C + Gnuplot 進行模擬：

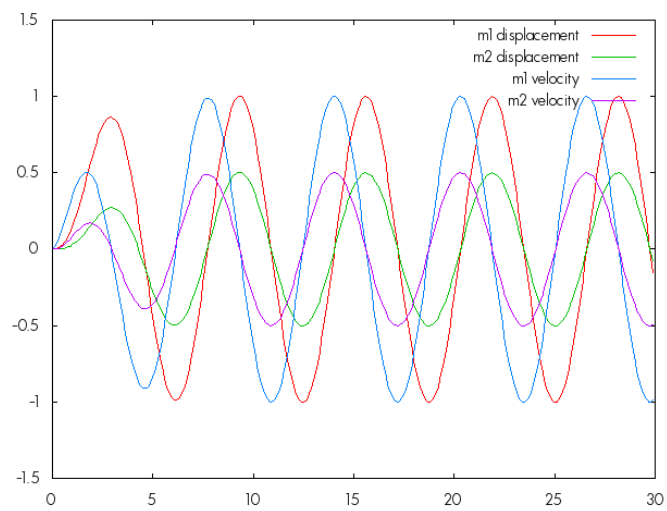


圖 42. C+GnuPlt 數值分析方法模擬 example6

採 Bond Graph，以 20-sim 進行模擬：

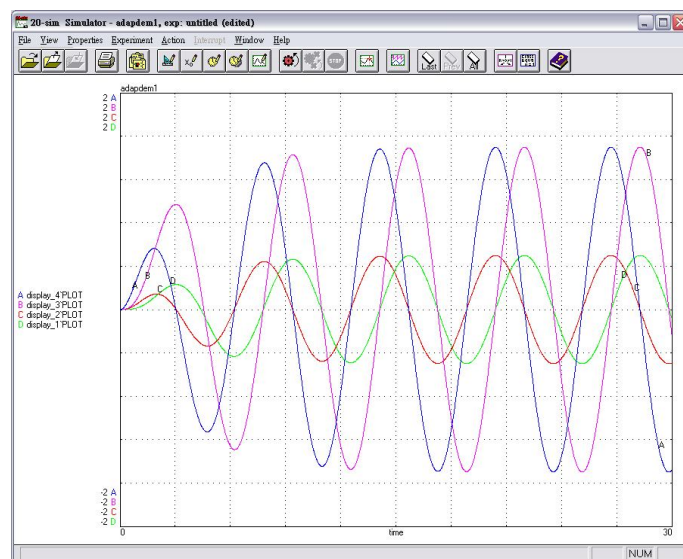


圖 43. 20-sim 鍵結圖法模擬 example6

Example 7 :

根據下列的動態系統 (所有質量與對應係數皆設為 1)

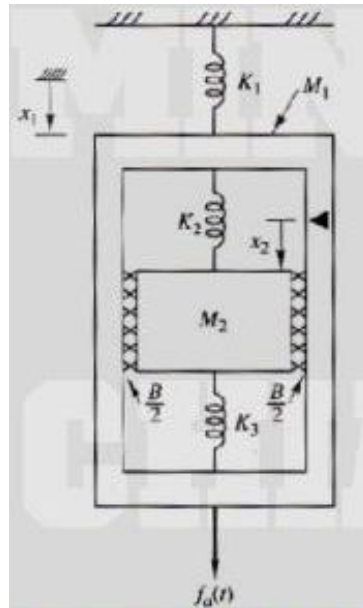
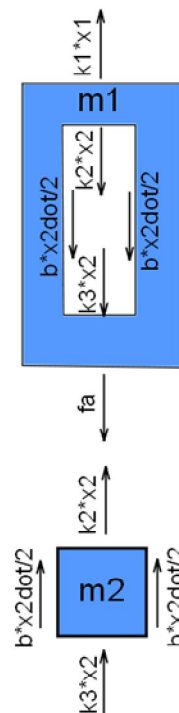


圖 44. Dynamic system – example7

自由體圖



m1 加速度

$F=ma$

$$(f_a + B \cdot \dot{x}_2 / 2 + B \cdot \dot{x}_2 / 2 + K_2 \cdot x_2 + K_3 \cdot x_2 - K_1 \cdot x_1) = m_1 \cdot \ddot{x}_1$$

$$\ddot{x}_1 = (f_a + B \cdot \dot{x}_2 / 2 + B \cdot \dot{x}_2 / 2 + K_2 \cdot x_2 + K_3 \cdot x_2 - K_1 \cdot x_1) / m_1$$

m2 加速度

$F=ma$

$$(-B \cdot \dot{x}_2 / 2 - B \cdot \dot{x}_2 / 2 - K_2 \cdot x_2 - K_3 \cdot x_2) = m_2 \cdot (\ddot{x}_2 + \ddot{x}_1)$$

$$\ddot{x}_2 = (-B \cdot \dot{x}_2 / 2 - B \cdot \dot{x}_2 / 2 - K_2 \cdot x_2 - K_3 \cdot x_2) / m_2 - \ddot{x}_1$$

圖 45. 自由體圖: Dynamic system – example7

若 $f_a(t) = \text{Sine wave}$ ， $x_1 = 0$ 的起始條件下，試利用類比計算器、數值分析的方法、與鍵結圖模擬法，模擬系統的動態運動結果。

採類比計算方法，以 Scicos 進行模擬：

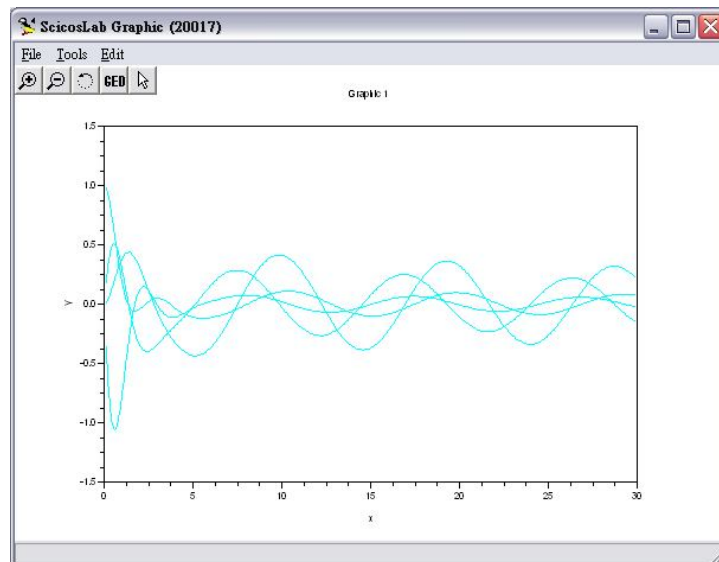


圖 46. Scicos 類比計算方法模擬 example7

採數值分析方法，以 ScicosLab 進行模擬：

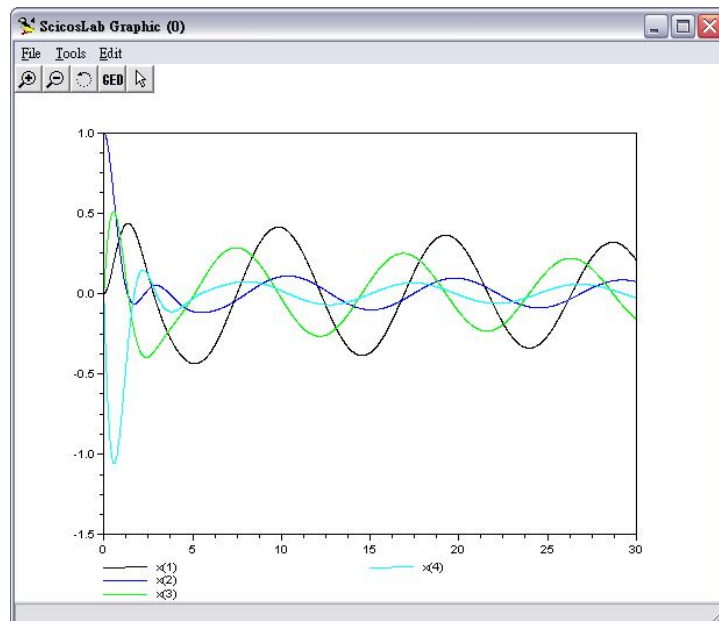


圖 47. ScicosLab 數值分析方法模擬 example7

採數值分析方法，以 C + Gnuplot 進行模擬：

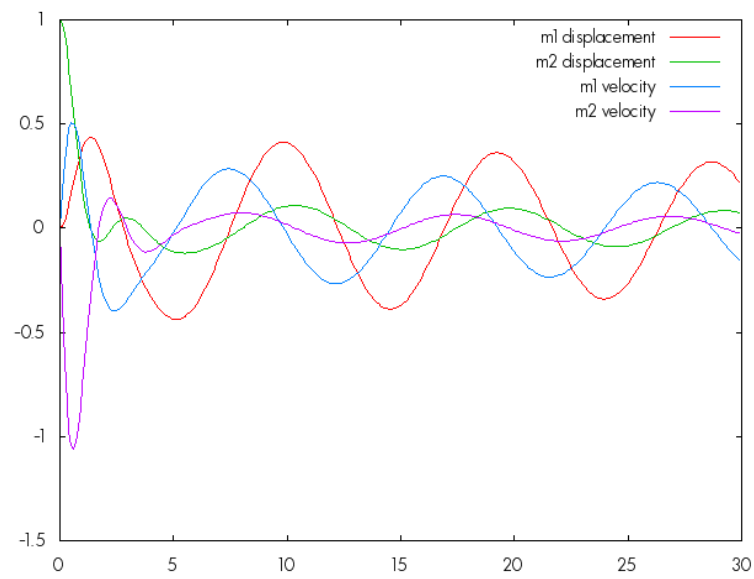


圖 48. C+GnuPlt 數值分析方法模擬 example7

採 Bond Graph，以 20-sim 進行模擬：

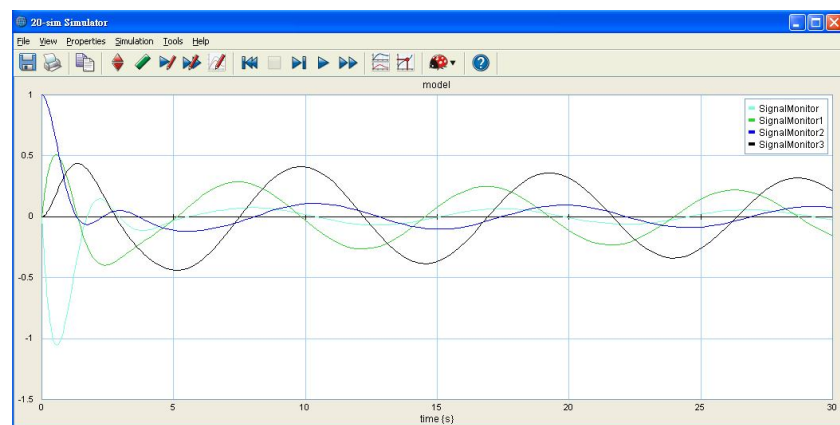


圖 49. 20-sim 鍵結圖法模擬 example7

第三章 CMSimple 展示

使用 CMSimple 整理模擬物理的 java applet。

這些物理模擬可使用於：

- 娛樂，可用滑鼠常是拖動或改變參數設定來觀察期作動方式
- 了解如何運用物理學來建立一個物理模擬系統
- 了解用數值方法來求解方程式
- 了解解微分方程式和求解
- 學習程式語言
- 增強下一個遊戲專案編寫能力

在許多領域模擬是必要的。當問題變的更加複雜時很難用簡單的數學來預測會有什麼結果。所以就有科學家和工程師建立一個數學模組，透過使用參數來運行模組。

使用 CMSimple 當作框架來展示 MyPhysicsLab 模擬程式，撰寫 PHP 程式透過下拉式表單來呼叫 Java Applet 來秀出指定之模擬系統。



圖 50. CMSimple 整合 MyPhysicsLab

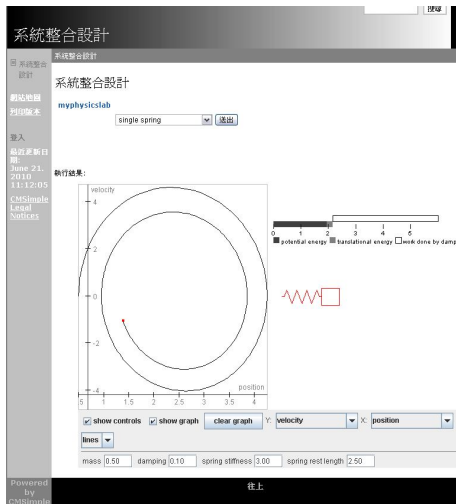


圖 51. CMSimple-single spring

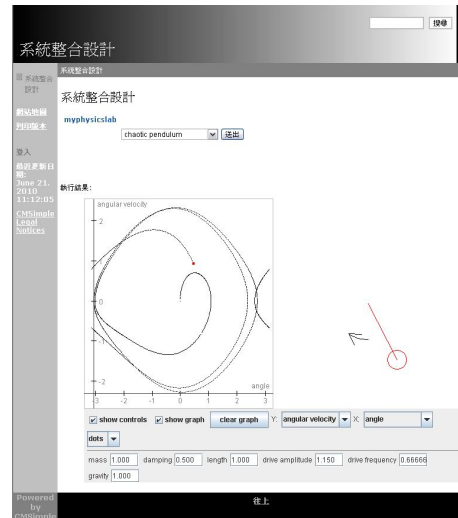


圖 54. CMSimple-chaotic pendulum

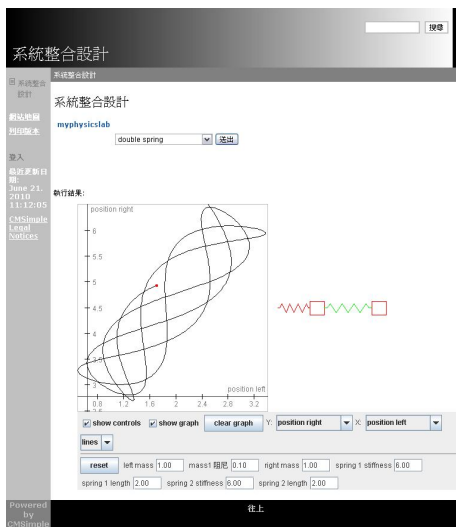


圖 52. CMSimple-double spring

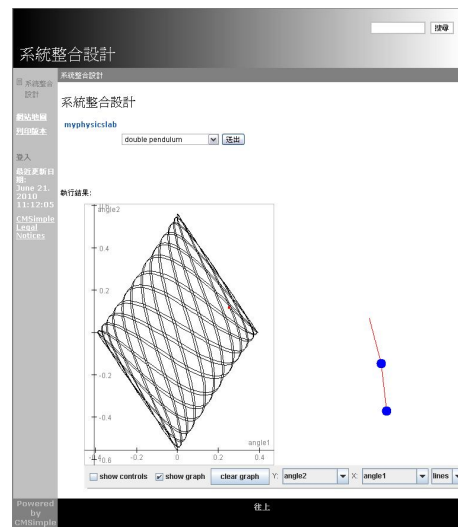


圖 55. CMSimple-double pendulum

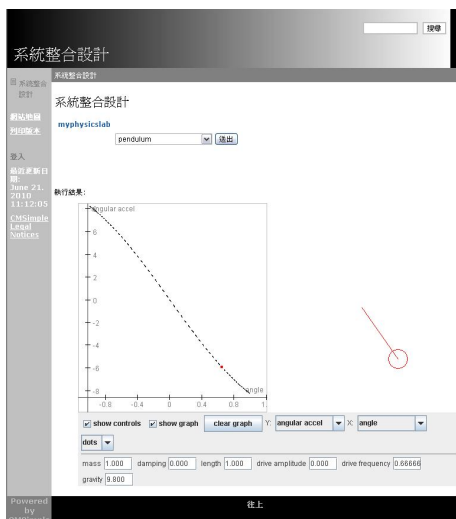


圖 53. CMSimple-pendulum

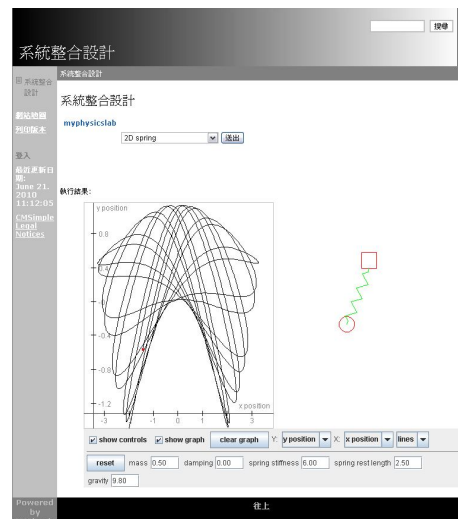


圖 56. CMSimple-2D spring



圖 57. CMSimple-double 2D spring

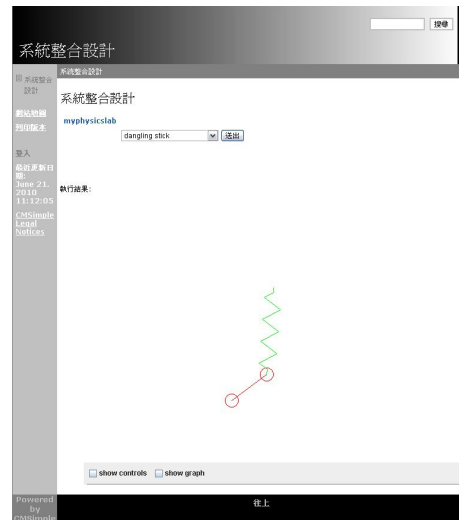


圖 60. CMSimple-dangling stick

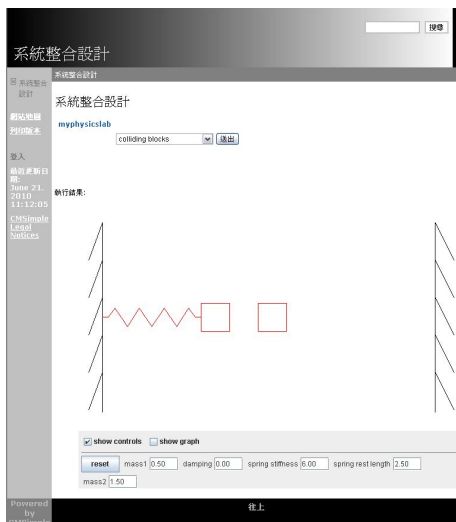


圖 58. CMSimple-colliding blocks

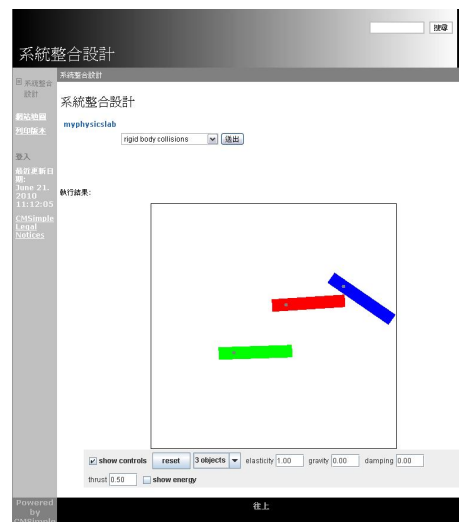


圖 61. CMSimple-rigid body collisions



圖 59. CMSimple-cart with pendulum

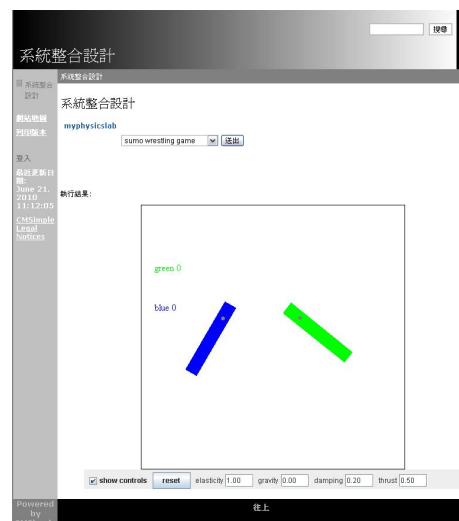


圖 62. CMSimple-sumo wrestling game

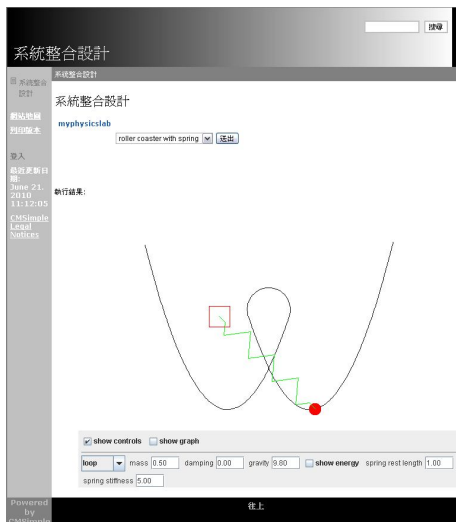


圖 63. CMSimple-roller coaster with spring

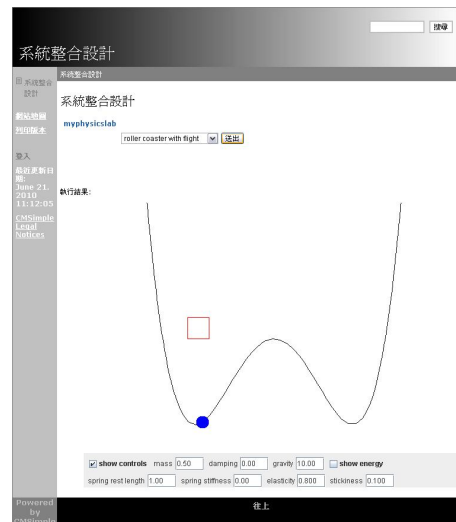


圖 65. CMSimple-roller coaster with flight



圖 64. CMSimple-roller coaster with 2 balls

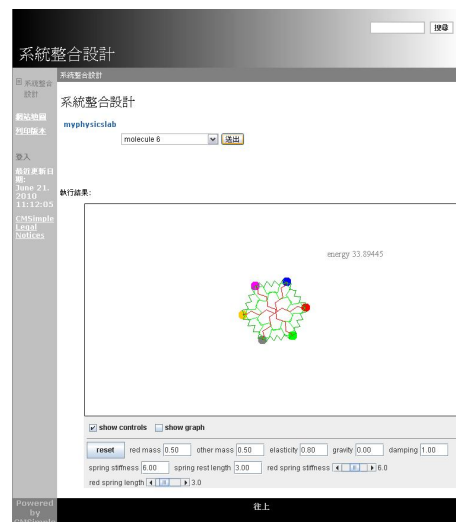


圖 51. CMSimple-molecule 6

第四章 心得討論

在練習範例 Rossler attractor 時使用方塊圖法與數值分析法來做解題，比較結果發現三張結果皆有些許差異性，其中 Scicos 與 ScicosLab 圖形線段較為疏散，而使用 C 語言數值方法解微分方程式之圖形線段較為密集，接著去比較其數值可發現大約在 200 秒左右數值的精確度已低於個位數。

重新設定 ScicosLab 為分方法，將其設定為與 C 語言數值解一樣，使用 Runge-kutta 4 階微分方程，觀察其數值發現 C 語言數值解精確度只到小數點第六位，而 ScicosLab 精確度到小數點第七位，所以判斷因其原應該是誤差累加。

解自由體圖時必須定義系統方向，方向容易搞混必須注意。在相對座標上加速度必須疊加在相對物體上，如動態系統第一題為例第一個物體的加速度為 $F=m(x_1\ddot{}+x_3\ddot{})$ ，因為第一物體在第三物體上做動，所以必須疊加其加速度，最後將其移項來求得第一物體的加速度 $x_1\ddot{}$ 。

在練習範例 Dynamic system 時使用類比模擬法、數值分析法、與鍵結圖法來做解題，主要比較其物體之位移量，並將各方法求得之結果做比對。鍵結圖法與方塊圖主要不同之一在於傳遞物理能量，鍵結圖法是雙向性傳遞，方塊圖法則是單向性傳遞，所以須考量到鍵結圖法方向與動態系統方向要為一致。鍵結圖法繪出之圖形是採用絕對座標，而數值分析法則是相對座標，所以為了使圖形相輔，鍵結圖法做了信號加減之處理，以達到圖形之一致性。

在練習此些範例中理解到不同系統中某些原件有共通之處，如電容與彈簧、電阻與摩擦等關係，使用鍵結圖法模擬系統時可視為同一能量，並利用能量鍵定義出「勢」與「流」，來模擬物理系統。

求解課堂範例時使用鍵結圖法比其它方法來的直覺，可以依題目圖形來建構鍵結圖，不用推倒運動方程式，是用起來也比其他方法方便很多，但也因為這原因，在建構鍵結圖時要注意能量的方向，也必滿足能量守恆。

在使用 20sim 軟體繪製 Example 1 之圖形，且建構之鍵結圖完全一樣，發現 20sim-2.3 版繪製出來的圖形有誤，檢查其值時 M_1 與 M_3 值都為 0.3，但繪製出圖形卻不在同一直線上，且 M_2 值為 0.6 卻比 0.3 還來的低，育霖發現 20sim-2.3 版時圖形的邊界範圍不對，將其調整後圖形顯示會跟數值解一樣。

感謝孟恭與育霖幫忙完成本報告中的 Scicos 類比計算模擬、20-sim 模擬。

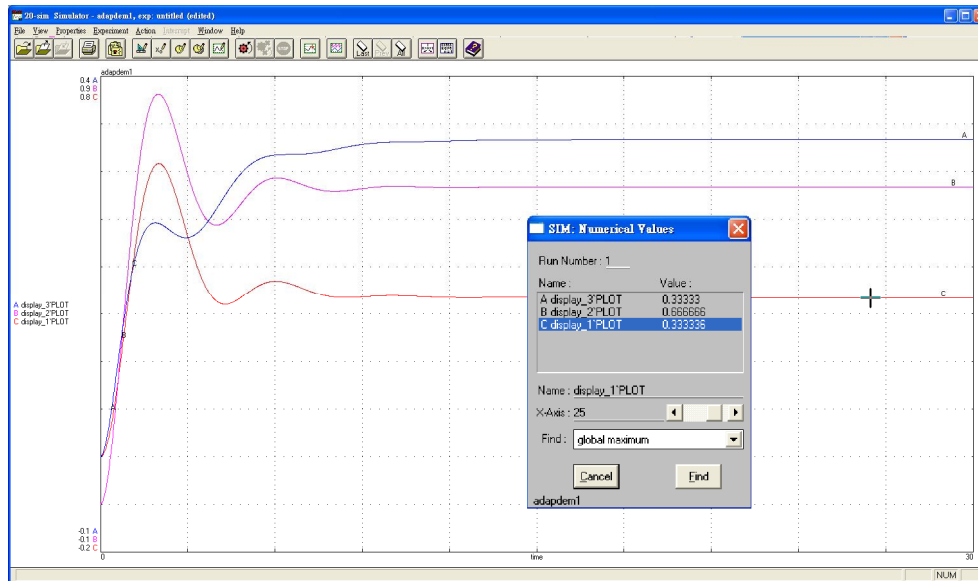


圖 67. 20sim-2.3 之 example1 邊界位修正圖形輸出

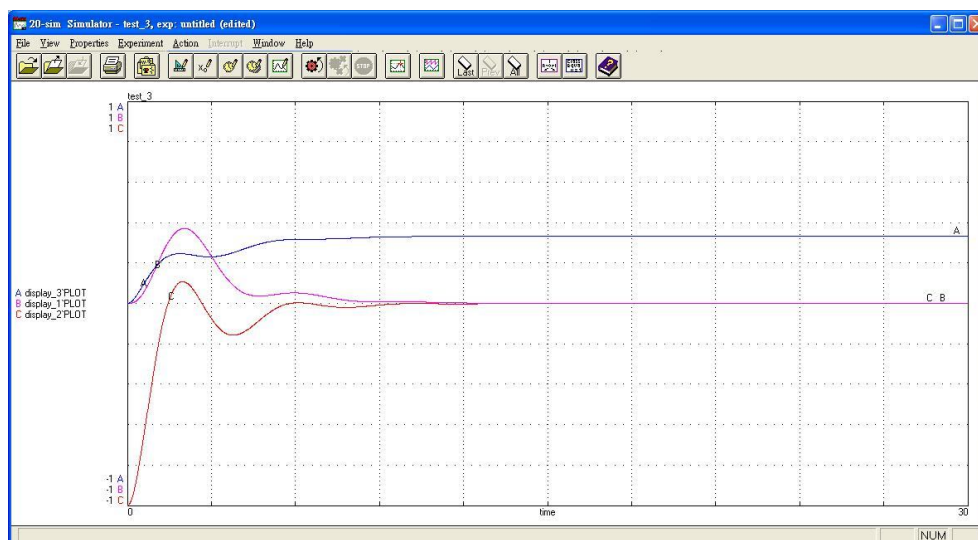


圖 68. 20sim-2.3 之 example1 邊界修正圖形輸出

第五章 參考資料

KMOL Blog : <http://blog.kmol.info/>

ScicosLab Homepage : <http://www.scicoslab.org/>

Scicos Homepage : <http://www-rocq.inria.fr/scicos/>

Scilab manual : http://help.scilab.org/docs/5.3.0/en_US/section_4834819644bddf2deeeef2520b2ca171.html

Wikipedia : <http://en.wikipedia.org/>

myphysicslab : <http://www.mypysicslab.com/>

第六章 附錄

範例檔案：

http://www.mde.tw/2011data/index.php?Student_data&act=download&wid=495&fileorder=0