

# 機車騎乘動態模擬與控制

姚良駿、陳志鏗

E-mail: 9126579@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

本研究主要使用LAGRANGE運動方程式的方法，以後輪的自由度加上前輪滾動、車體側傾、騎士側傾角以及前叉轉向角等九個自由度為廣義座標，並經由加入輪胎與地面滾動的拘束條件，推導出騎士-機車系統動態方程式。本文主要推導騎士-機車系統之三維運動方程式，利用符號數學的計算軟體 - MAPLE輔以計算，而後撰寫C-語言程式加以驗證，求解此聯立微分代數方程式。在電腦模擬方面，本文主要分為穩態彎行與切換軌跡之運動控制兩個部分。在穩態彎行方面，先求解機車運動時，不同車速、車體側傾角以及前叉轉向角的穩態平衡狀態值，可進一步驗證機車的穩態行為。而在切換軌跡之運動控制方面，模擬機車在彎行時變換車速、轉向角以及受到側向擾動時，車體三方向的力皆會急遽變化，此三種行為皆會使機車呈現不穩定之狀態，需要靠騎士之操縱行為回穩車身，並探討系統之受力情形。本研究所推導之運動方程式，均以能量觀點與穩態解模擬驗證其有效性。本研究可應用於機車系統設計，藉由數學模式參數之改變，可藉以加強操控性能與改善騎乘安全。

關鍵詞：騎士-機車動態，LAGRANGE方程式，機車騎乘操控，平衡點分析，機車動態模擬

## 目錄

第一章 緒論--P1 1.1 前言--P1 1.2 文獻回顧--P2 1.3 研究目的及本文架構--P4 第二章 機車運動數學模式推導--P6 2.1 運動方程式推導--P6 2.1.1 騎士-機車系統數學模型--P6 2.1.2 轉換矩陣之定義--P12 2.1.3 LAGRANGE方程式推導--P15 2.1.4 矩陣型式的LAGRANGE方程式--P23 2.2 輪胎受力模式--P26 2.2.1 輪胎的拘束條件推導--P27 2.2.2 後輪之拘束條件--P28 2.2.3 前輪之拘束條件--P29 2.2.4 拘束條件數值解方法的推導--P30 第三章 機車運動模式之數值模擬--P33 3.1 程式架構--P34 3.2 數值模擬與驗證--P36 3.3 穩態值計算--P38 第四章 結果與分析--P44 4.1 穩態彎行--P44 4.2 切換軌跡之運動控制與分析--P48 4.2.1 彎行時車速切換--P49 4.2.2 繞圓軌跡切換--P53 4.2.3 穩態彎行受側向擾動--P57 第五章 完整電腦動態模型建立--P62 5.1 騎士-機車系統模型之建構--P62 5.1.1 騎士-機車系統各零件之質量特性--P63 5.1.2 組合騎士-機車系統電腦模型--P64 5.2 系統運動條件之設定--P65 5.2.1 設定限制條件--P65 5.2.2 騎士-機車系統參數設定--P66 5.2.3 輪胎與路面間的接觸碰撞力設定--P68 5.3 電腦動態控制介面之建立--P70 5.3.1 動態控制介面連結--P70 5.3.2 電腦模型之數值模擬--P73 第六章 結論--P76 參考文獻--P77 附錄A 騎士-機車系統之物理量--P80 附錄B 騎士-機車系統運動方程式推導之MAPLE程式--P82 B.1推導機車與騎士運動方程式--P82 B.2矩陣型式之LAGRANGE運算--P86

## 參考文獻

- [ 1]R. S. SHARP, "THE STABILITY AND CONTROL OF MOTORCYCLE," J.MECH. ENG.SCI.,VOL.13, NO.5, PP. 316-329, 1971.
- [ 2]R. S. SHARP, "THE INFLUENCE OF THE SUSPENSION SYSTEM ON MOTORCYCLE WEAVE-MODE OSCILLATIONS," VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, VOL. 5, PP. 147-154, 1976.
- [ 3]R. S. SHARP, "THE DYNAMICS OF SINGLE TRACK VEHICLES," VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, VOL. 5, PP. 67-77, 1975/76.
- [ 4]R. S. SHARP, C. J. ALSTEAD, "FREQUENCY RESPONSES OF MOTORCYCLE TO STEERING TORQUE INPUT AND TO FRONT WHEEL AND TYRE IMPERFECTIONS," I. MECH. E., C129, PP. 193-200, 1983.
- [ 5]葉苜和莊健弘, "機車飛越落地時之運動模擬與分析," 機械工業, PP. 74-82, 1985年8月.
- [ 6]古有彬, 機車轉向機構對操安性之研究, 中山大學碩士論文, , 1989年6月.
- [ 7]TSUYOSHI KATAYAMA AND TOMOO NISHIMI, "ENERGY FLOW METHOD FOR THE STUDY OF MOTORCYCLE WOBBLE MODE," VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, VOL.19, PP. 151-175, 1990.
- [ 8]游凱程, 電動機車穩定性分析及最佳化設計, 台灣大學碩士論文, 1986年6月.
- [ 9]陳志鏗, 許惠琳, 機車三維動態模擬之研究, 大葉大學碩士論文, 2001年7月.
- [10]蕭印宏, 機車穩定性之研究, 交通大學碩士論文, 1990年6月.
- [11]陳俊賢, 機車-人系統之實驗設計與穩定分析, 交通大學碩士論文, 1991年6月.
- [12]K. GUO, H.GUAN, "MODELING OF DRIVER/VEHICLE DIRECTIONAL CONTROL SYSTEM," VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, VOL. 22, PP. 141-184, 1993.
- [13]FARSHID FOROUHAR, ANDREW PACKARD, "ROBUST STABILIZATION OF HIGH SPEED OSCILLATIONS IN SINGLE

TRACK VEHICLES," AMERICAN CONTROL CONFERENCE, VOL. 1, PP. 26-30, 1994.

[14]吳仁琛, 騎士-機車系統運動控制:模糊控制方法, 交通大學博士論文, 1995年6月。

[15]YOUNG H. CHO. AND J. KIM, "STABILITY ANALYSIS OF THE HUMAN CONTROLLED VEHICLE MOVING ALONG A CURVED PATH ," VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, VOL.25, PP.51-69, 1996.

[16]MOTOMU YOKOMORI, TAKIO OYA, AKIRA KATAYAMA, "RIDER CONTROL BEHAVIOR TO MAINTAIN STABLE UPRIGHT," JSAE REVIEW, VOL. 21, PP. 61-65, 2000.

[17]R. S. SHARP, "STABILITY, CONTROL AND STEERING RESPONSES OF MOTORCYCLE," VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, VOL. 35, NO. 4-5, PP. 291-318, 2001.

[18]BENGT BRORSSON AND JAN IFVER, "WOBBLING IN MODERN MOTORCYCLES," ACCID. ANAL. & PREV., VOL. 16, PP. 451-456 , 1984.

[19]賴耿陽, 車輛驅動及控制, 復漢出版社, PP.5-50, 1993年, 11月.

[20]J. Y. WONG, THEORY OF GROUND VEHICLE, JOHN WILEY & SON, SECOND EDITION, PP. 3-72,1993.

[21]VITTORE COSSALTER, ALBERTO DORLA AND ROBERTO LOT, "STEADY TURNING OF TWO-WHEELED VEHICLES," VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, VOL. 31, PP. 157-181, 1999.

[22]DONALD T. GREENWOOD, PRINCIPLES OF DYNAMICS, PRENTICE-HALL, SECOND EDITION, 1988.

[23]FARID M. L. AMIROUCHE, COMPUTATIONAL METHODS IN MULTIBODY DYNAMICS, PRENTICE-HALL, PP. 424-461, 1992.