

汽車引擎故障診斷知識本體之研究

葛慶柏

摘 要

本研究依據本體理論、本體發展方法論與知識轉換模式，建構汽車引擎故障診斷知識本體的模型。首先蒐集國內外相關文獻，探討汽車引擎系統最常出現之故障現象與故障原因，並藉由深度訪談與專家會議，發掘汽車修護專家的內隱知識，完成汽車引擎系統故障知識本體內涵；再配合本體理論文獻探討的結果，建構以知識本體為基礎的汽車引擎故障診斷的框架體系，以作為發展語意網之基礎，並獲得汽車引擎故障現象的故障原因及排序順位。

關鍵字：知識本體、汽車引擎故障診斷

壹、研究動機與背景

根據中華民國統計資訊網 2010 年 11 月底臺灣地區小客車共有 5,794,558 輛，以臺灣總人口數 23,119,772 人，約每 4 人有 1 輛小客車，亦即每個家庭有 1 輛小客車，在臺灣汽車已成為每個家庭日常生活的交通工具；近年來汽車診斷技術得到了快速的發展，尤其是隨著人工智能技術的迅速發展，特別是專家系統、人工神經網絡在故障診斷領域的進一步應用，為智能汽車故障的發展奠定了基礎。智能診斷技術能夠有效獲取、傳遞、處理、再生和利用診斷信息，做到充分發揮領域專家在診斷中根據各種感覺得到的事實及專家經驗進行快速推理，又能很方便地用於各種不同的診斷對象。

知識可分成內隱和外顯兩大類，所謂外顯知識是指條理且系統化的知識，因此很容易傳播、分享，如產品規格、科學方程式等等；而隱性知識則是高度個人化，不容易表達傳播；隱性知識常深植於行動或技藝中，目前多以信念、觀點等心智模式呈現。汽車故障診斷知識是一項含有複雜知識的非結構性工作，其知識內容涉及故障的現象、起因、診斷、推理方法與維修建議等，尤其是不同的專家對汽車故障診斷的方法也不盡相同，有的診斷方法甚至利用了許多難得的經驗，因此在整個汽車故障診斷系統的領域知識中，各知識概念間存在著許多複雜且難以具體化的關聯。汽車修護業至今都是師傅經驗口耳相傳，屬於經濟合作發展組織 OECD(Organization for Economic Cooperation and Development)所定義的隱性知識，隱性知識隨著知識所有者離職就會跟著消失，對企業和專業技師都是莫大損失；目前保養廠技師師徒相授、口耳相傳仍是主要的維修經驗來源，專業技師在業績壓力下，無暇分身指導別人，特別在引擎故障診斷方面，技師雖然可參閱原廠修護手冊，並藉由教育訓練方式來培養維修能力，但面臨實際引擎故障診斷，仍靠專業技師的經驗，完成精準的故障排除。

因此如何藉由與汽車修護專家的訪談，以發掘出其汽車引擎故障診斷的內隱知識，並且據此以本體論為基礎，建立汽車引擎故障診斷的知識庫框架，以作為汽車消費者學習與了解汽車引擎故障診斷的知識平台，提供車廠接待人員問診判斷之專

家知識輔助，並作為語意網推展及專家系統發展之基礎，為本研究之主要動機與背景。

貳、研究目的

基於汽車已成為臺灣地區每個家庭普遍使用的交通工具，消費者對汽車保養維修知識的需求日益殷切；另外汽車科技的發展、操控使用的功能，不斷地推陳出新，隨著資訊科技網路的蓬勃發展，在美國加州，從 1998 年份起所有車款已配備車載診斷系統（On Board Diagnostic 簡稱 OBD）系統，安裝於所有車輛，並用來決定車輛排放油氣相關控制系統的操作條件、診斷項目及功能，對所有製造廠家，將使用相同的傳遞過程來蒐集進行編輯，得出相同的診斷結果，透過 MIL(Malfunction Indicator Lamp)故障指示燈來顯示，研究者認為汽車引擎故障知識本體的建置，能為專家系統之發展奠定基礎，對於實施問題導向學習，同時對於汽車修護廠在發展 e 化知識管理及員工教育訓練亦有助益，協助車廠接待人員在最短的時間內，做出最準確的診斷，減少顧客在廠內的停留時間，發揮保養廠車位的最高效益；基於以上之動機與背景，本研究目的為：

- 一、發掘汽車修護專家之內隱知識。
- 二、探討汽車引擎故障診斷的知識本體內涵。
- 三、建構汽車引擎故障診斷知識本體模型。

參、研究範圍與限制

本研究以汽車引擎故障診斷知識本體為研究核心，探討汽車引擎系統故障領域的知識本體，因此本研究範圍僅以目前市面上車輛佔有率較高的汽油引擎小客車為主，且僅就汽車引擎系統故障頻率高的故障現象問題作探討。

肆、名詞解釋

一、本體論 (ontology)

本體論又稱為知識本體論 (ontology)，是描述領域概念之明確規格，本體論可視為是概念 (concept、object 或是 class)、屬性 (attribute、property、slot 或是 role)、實例 (instance) 與關係 (relation) 這些元素的組合。

二、汽車引擎故障診斷 (automotive engine fault diagnosis)

汽車引擎故障診斷是指汽車引擎系統失去其應有的正常功能，經過檢測確認故障原因與故障源後，期能經過維修後恢復汽車系統的正常功能。

伍、文獻探討

一、本體論 (ontology) 探究

本體 (Ontology) 從哲學的角度探討世界萬物的存在，是研究世界上的各種實體以及它們是怎麼關聯的科學，認為真實的世界是由許多不同的實體所組成，每個實體都能依據特徵，以結構化的方式進行分類；在電腦資訊方面，則是將實體分成不同的領域，並獲取某一領域的知識，描述該領域的概念，以及這些概念之間的關係。

二、本體的定義

本體論 (ontology) 的概念最初起源於哲學領域，原指「以系統化的方法解釋世間萬物的存在」，在哲學上為探討「存在 (being)」的一門學問，古希臘哲學家亞里士多德定義為「對世界客觀存在物的系統的描述，即存在論」，主要目的在探討宇

宙間萬事萬物存在的本質，如質量、數量、時間等，解釋所有存在事物的性質、必要的特徵以及關係 (Maja, 2009) 近年來成為電腦科學所探討的主題，一般而言本體論一詞被應用到人工智慧後，是用來描述人類腦中的知識，常被應用於知識管理。最常被引用的本體定義為 Gruber (1993) 所提出，Gruber 認為本體論是一個共享概念之正式且明確的規格；Guarino (1998) 提出本體論是一套邏輯公理，用來說明字彙的延伸意義；知識本體可以作為知識表達的基礎，避免相同的領域知識被重複的分析，並且有統一的術語和概念去實現知識共享的目的。Daconta, M. C., Obrst, L. J. and Smith, K. T. (2003) 則認為本體論是以共同的字及概念，來描述及表達特定領域的知識。

Studer, R., Staab, S. (2009) 認為 ontology 是共享概念模型的明確的正式化規範說明，包含四層含義：概念模型 (conceptualization)、明確 (explicit)、正式化 (formal)、共享 (share)。Gavrilova 等 (2006) 進一步指出「概念化 (conceptualization)」是指對現存的某個現象或領域的確定現象之相關概念抽象模型；「共享 (sharing)」是指本體論是一個共享的部份，屬於群體而非個人；「正式的 (formal)」是指本體論是機器可以讀的、可以理解的；「明確的 (explicit)」是指本體論的概念形態及限制以明確的方式表示出來。茲以圖 1 來舉例說明概念化的過程。

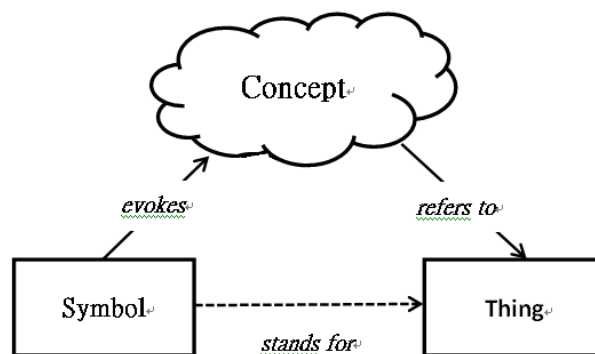


圖1 概念化的過程

資料來源：(Maedche, 2002) Ontology learning for the semanticweb.

根據一個符號或字彙喚起一個概念，再根據規範來參照不同領域之真實事物，如 Jaguar 有些人認知為汽車，有些人則認知為動物，因此一個符號可能產生不同的認知，若加以規範也就是正規化後，符號或字彙所代表的概念更為明確。

本體論不單只是由一個個的概念所組成，還包含了概念對應到的實體以及概念的特徵等，其目的主要是呈現「知識的模型」、將知識以本體論的形式表達出來。當我們使用 ontology 來描述特定領域下的知識，可把 ontology 視為是概念 (concept、object 或是 class)、屬性(attribute、property、slot 或是 role)、實例(instance)與關係(relation)這些元素的組合；本體的組成為概念(concepts、classes)為一抽象的集合，屬性(properties、attributes)為物件的特徵，實體(individuals、instances)實際的物件，關係(relations)把屬性用在串聯兩個概念或實體，以下分別說明這些元素：

(一) 概念：concept 就是以多個底層物件所組成的範圍，亦即由多個字彙(vocabulary)所組成的集合，這個集合能夠作為一個概念性的描述，描述出主題的基本範圍，透過這個集合能讓系統了解到定義 concept 所代表的意義。

(二) 屬性：屬性可以當作是該物件的一個描述，描述該物件的特性或特徵，在物件間會有各種關係存在，而且每一物件本身也會有各種屬性存在。實際上，物件擁有屬性所建構出整個 ontology 的資料架構，在應用上將提供更為多元及有用的訊息，可得知 concept 與其他的 concept 之間的關係。

(三) 實例：實例可以用來更清楚的表達上層的概念，並繼承某些上層 concept 的屬性，當然，實例也可以擁有自己更細微的屬性來表示與其它實例的差異之處，instance 是用來更清楚的表達 concept，所以通常在 ontology 架構中最底層的部分來定義 instance。

(四) 關係：當建構出整個 ontology 的架構之後，除了清楚的描述出物件與物件屬性之外，還可以為這些物件定義其彼此間所有的關係，透過領域專家以人工方式提供一個有系統的知識領域架構，這個架構可以用來描述整個領域中的抽象結構與關係，提供相關應用系統上的使用與共享。

三、本體的分類

本體若以概念主題來分類，可分為四種類型，如圖2所示，分別為上層本體(top-level ontology)、領域本體(domain ontology)、任務本體(task ontology)

及應用本體 (application ontology) (Studer, et. al. 2007); 分別說明如下:

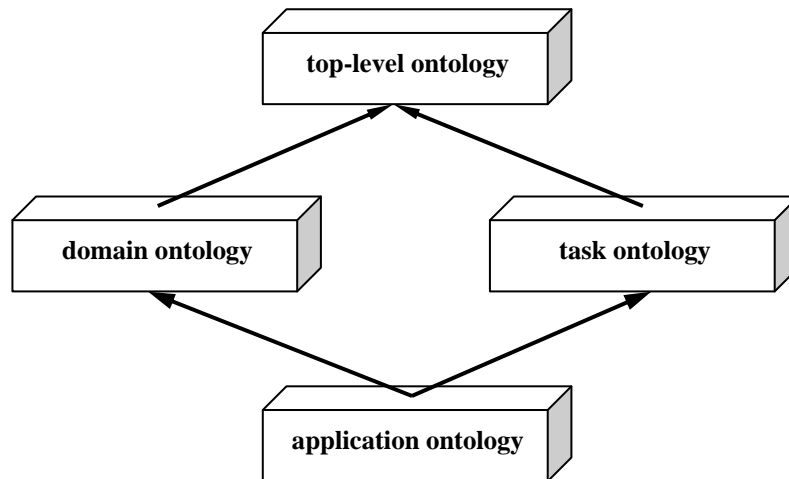


圖 2 本體的類型

- (一) 上層本體 (top-level ontology): 用來描述非常抽象與一般性概念, 對所有存在的事物, 採用哲學的見解, 給予一般共識的通稱, 如時間、空間、過程等, 這些都是屬於上層本體的範疇。
- (二) 領域本體 (domain ontology) 與任務本體 (task ontology): 領域本體是指在特定領域內所獲取的知識, 如醫學、地理等, 許多領域本體都已發展完成, 如藥學、遺傳學、環境科學、旅遊資訊、文化遺產、博物館展訊等本體; 任務本體則為特殊任務的知識, 如診斷或裝配等, 也發展出任務的規畫流程、科學領域監測系統、人工智慧專家系統、飛彈巡弋系統等本體。
- (三) 應用本體 (application ontology): 此本體提供具體的詞彙, 在特殊應用的文件中, 來描述特定任務的規則, 如在機械工程領域中, 某元件在診斷及維護任務中的功用, 以及在製造裝配流程中的備用功能。

陸、研究方法與步驟

一、研究方法

本研究擬採用的研究方法包括文件分析法、專家諮詢、專家深度訪談、內容分析以及專家會議等。

本研究在專家諮詢、專家深度訪談階段係屬質性研究，將研究者當為研究工具，蒐集研究相關資料。為了增加研究資料之信度，以多面向方式來檢驗資料之可信度，有關本研究所採用的方法如下：

- (一)訪談汽車修護廠專業人員同時，以蒐集被訪談者的個人資料、以及汽車修護廠相關文件資料等方法，驗證受訪資料之可信度。
- (二)利用不同的時間以及訪問不同的受訪者等方式來檢驗訪談資料之可信度。
- (三)訪談逐字稿資料完成後，邀請另外具汽車專業背景的人員擔任分析者，就訪談資料進行分析。
- (四)使用不同的分析者進行訪談資料分析，並且比對分析結果。

訪談階段完成後，轉譯謄稿之訪談內容，有關汽車引擎故障診斷內涵部分包括故障現象與故障原因等，利用內容分析方法加以分析整理以獲得結果。

二、研究步驟

本研究依據所擬定之研究計畫，蒐集國內市佔率較高之國產車型修護手冊，並參考原文修護手冊，包括紙本、光碟片及線上資料庫等，採用文件分析法，編製訪談問卷初稿，問卷採半結構式，以此問卷初稿諮詢專家學者意見，確定訪談問卷的格式與題目；選擇具有修護國產車、進口車經驗之專業人員，進行專家深度訪談，在徵得受訪專家同意下錄下訪談內容，將訪談錄音轉謄為文字稿，以內容分析法進行編碼整理成引擎故障分析表，邀請另一批汽車修護專業人員，舉行專家會議，討論並確認引擎各故障現象之故障原因排序順位及維修相關知識說明。

柒、研究結果

汽車引擎故障診斷是汽車維修工作中維護、檢驗、診斷、修理四個環節中，技術層面最高的技術工作，不僅須有紮實的理論基礎，還須具備豐富的實務經驗、測試技巧以及精準的推理分析；汽車引擎故障有時可能由多個部位多種原因造成，因此須逐一釐清分析故障原因以及運用多樣性的診斷策略。本研究採用文件分析、專家諮詢、專家深度訪談、內容分析以及專家會議法，針對汽車引擎故障診斷知識本體進行研究，整理出引擎系統故障知識本體內涵，將各故障現象相對應之可能故障原因，依順位排列如表 1 所示。此引擎系統故障知識本體，適用於一般快速保養廠及非經銷商之保養廠，各經銷商專屬保養廠，可針對自己廠牌之車型的故障現象與原因修正後建置。

表 1 引擎系統故障知識本體內涵

引擎系統故障		
故障現象	故障原因	相關知識
A 引擎無法起 動	A-01 電瓶沒電	A-01-1 電瓶壽命約 2 至 4 年
	A-02 晶片防盜	A-02-1 晶片受干擾或 CAN 網路系統 故障
	A-03 檔位開關	A-03-1 檔位開關失準
	A-04 起動繼電器	A-04-1 接點燒蝕
	A-05 起動馬達	A-05-1 起動馬達不良
	A-06 起動開關	A-06-1 接點燒蝕
	A-07 起動馬達電磁開關	A-07-1 接點燒蝕
	A-08 起動系統相關保險絲	A-08-1 斷路
	A-09 PCM 引擎控制電腦	A-09-1 損壞
	A-10 電瓶樁頭鬆脫	A-10-1 接觸不良
	A-11 曲軸無法轉動	A-11-1 過熱行駛或潤滑不良
B 引擎可以起 動無法發動	B-01 曲軸位置感知器	B-01-1 線束接頭或元件故障
	B-02 汽油泵	B-02-1 損壞

引擎系統故障		
故障現象	故障原因	相關知識
	B-03 汽油泵控制電路	B-03-1 損壞
	B-04 點火控制電路	B-04-1 損壞
	B-05 分電盤	B-05-1 內部凸輪軸位置感知器損壞
	B-06 汽門機構	B-06-1 汽門正時失準
	B-07 PCM 引擎控制電腦	B-07-1 損壞
	B-08 EFI 繼電器	B-08-1 接點燒蝕或線圈損壞
	B-09 晶片防盜系統	B-09-1 損壞
	B-10 汽缸壓縮壓力	B-10-1 洩漏缸壓不足可變汽門故障
	B-11 線束	B-11-1 凸輪軸、曲軸訊號熱脹阻抗大
	B-12 噴油嘴	B-12-1 兩支以上損壞
C 引擎行駛中 熄火	C-01 燃油系統	C-01-1 油質差或堵塞
	C-02 怠速馬達	C-02-1 積碳卡滯
	C-03 高壓線圈	C-03-1 損壞
	C-04 環保線束或銅線老化	C-04-1 引擎電腦
	C-05 環保線束接觸不良	C-05-1 引擎電腦
D 引擎怠速中 熄火	D-01 EGR 閥	D-01-1 漏氣
	D-02 EEC 電磁閥	D-02-1 洩漏
	D-03 煞車增壓缸	D-03-1 真空洩漏
	D-04 高壓線圈	D-04-1 損壞
	D-05 噴油嘴	D-05-1 後滴
	D-06 汽缸漏氣	D-06-1 活塞環或汽缸磨損
	D-07 汽油	D-07-1 辛烷值不合
	D-08 負載過大	D-08-1 冷車狀態時
	D-09 怠速調整不當	D-09-1 怠速調整過低
	D-10 節氣門位置感知器	D-10-1 積碳
E 引擎加速中 熄火	E-01 歧管壓力感知器 MAP	E-01-1 損壞
	E-02 高壓線圈	E-02-1 損壞

引擎系統故障		
故障現象	故障原因	相關知識
	E-03 節氣門總成	E-03-1 積碳
	E-04 含氧感知器	E-04-1 損壞
	E-05 火星塞	E-05-1 間隙太大
F 引擎減速中 熄火	F-01 節氣門位置感知器	F-01-1 積碳卡滯
	F-02 電子節氣門	F-02-1 積碳卡滯
	F-03 怠速馬達	F-03-1 積碳卡滯
	F-04 EGR 閥	F-04-1 洩漏
	F-05 PCM 短路	F-05-1 怠速馬達線圈不良
	F-06 渦輪增壓閥	F-06-1 瞬間空氣過多混合汽太稀
	F-07 高壓線圈	F-07-1 損壞
	F-08 車速訊號感知器	F-08-1 損壞
G 引擎行駛頓 挫	G-01 點火系統	G-01-1 高壓線圈或火星塞損壞
	G-02 節氣門位置感知器	G-02-1 接點污損或線束損壞
	G-03 油門踏板位置感知器	G-03-1 電子節氣門接點污損或線束 損壞
	G-04 自動變速箱	G-04-1 油量油壓失準
	G-05 燃油系統	G-05-1 油質差或氣阻
H 引擎加速遲 鈍	H-01 凸輪軸位置感知器	H-01-1 線束或元件故障
	H-02 空氣流量感知器 MAF	H-02-1 損壞
	H-03 歧管壓力感知器 MAP	H-03-1 損壞
	H-04 油門控制系統	H-04-1 損壞
	H-05 氣門正時	H-05-1 失準
	H-06 引擎控制電腦	H-06-1 損壞
J 引擎怠速抖 動	J-01 點火線圈	J-01-1 損壞
	J-02 高壓線圈	J-02-1 損壞
	J-03 火星塞	J-03-1 規格號數不對
	J-04 點火控制線路	J-04-1 損壞
	J-05 EGR 或 EEC 閥	J-05-1 損壞

引擎系統故障		
故障現象	故障原因	相關知識
	J-06 進氣系統	J-06-1 漏真空
	J-07 汽門燒毀或自動調整器不良	J-07-1 汽門調整不當
	J-08 含氧感知器	J-08-1 損壞

捌、參考書目

中華民國統計資訊網（2001年）**機動車輛統計**，2011年1月5日，取自：

http://www.motc.gov.tw/mocwebGIP/wSite/lp?ctNode=162&xq_xCat=15

BMW（2004）**M60、M45 修護手冊**。

BMW（1999-2004）**E46. Workshop**。

M.BENZ（1998-2006）**MS320 W220,W221.Handbook**。

NISSAN（1994）**300ZX SERVICE MANUAL**

SAAB（2006）**9-5 光碟片**。

TOYOTA CAMRY（2002）**修護手冊-引擎底盤車身電器**。豐田自動車株式會社。和泰汽車股份有限公司。技術服務部。

TOYOTA CAMRY（2002）**修護手冊-檢診**。豐田自動車株式會社。和泰汽車股份有限公司。技術服務部。

TOYOTA LEXUS（2004）**GS300修護手冊**。豐田自動車株式會社。和泰汽車股份有限公司。技術服務部。

Daconta, M.C., Obrst, L.J. and Smith, K.T.（2003）*The Semantic Web: A Guide to the Future of XML, Web Services, and Knowledge. Management*. Wiley Publishing, Inc., United States of America.

Guarino, N.,（1998）*Formal ontology and information systems*.In Proceedings of Formal Ontology and Information Systems.

- Gruber, T.R.(1993)A Translation Approach to Portable Ontologies.*KnowledgeAcquisition*.
5 (2) , 199-220.
- Gavrilova,M., Gervasi,O.,Kumar,V. (2006) *Computational science and its applications: ICCSA 2006*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg °
- Maedche,A.D.(2002)*Ontology learning for the semanticweb*. kluweracademic publisher °
- Maja, H., Pornpit, W., Elizabeth,C. (2009) *Ontology-Based Multi-Agent Systems*.
Springer-Verlag Berlin Heidelberg °
- Studer,R., Grimm,S.,Abecker,A. (2007) *Semantic web services: concepts, technologies, and applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg °
- Studer,R.,Staab, S. (2009) *Handbook on Ontologies*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg °

