

# 智慧工具機切削精度提升之專利布局分析

楊耀瑜、王毓淇、董子儀\*

## 壹、前言

## 貳、檢索範圍

## 參、專利布局分析

一、專利歷年申請趨勢

二、專利歷年申請量對應受理請國家／局趨勢

三、各國國籍申請人／專利權人在各國布局的現況

四、專利技術分類

五、專利申請人分析

六、企業研發能量及競爭力

七、智慧工具機切削精度提升功效矩陣圖

八、我國申請人於智慧工具機切削精度提升之功效矩陣圖分布

九、智慧工具機切削精度提升核心專利

## 肆、結論與建議

\* 作者現任職於財團法人專利檢索中心（Patent Search Center，PSC）。  
本文相關論述僅為一般研究探討，不代表本局之意見。  
本文為經濟部智慧財產局專利檢索加值服務計畫研發成果。

## 摘要

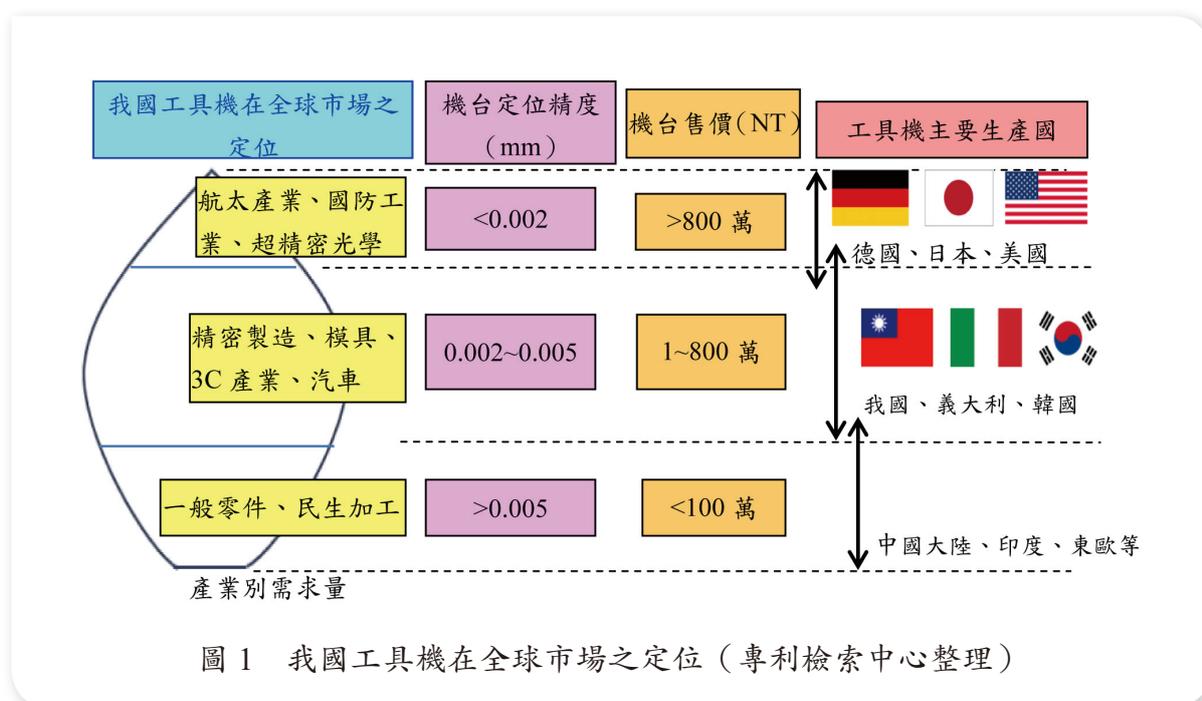
德國政府於 2011 年提出工業 4.0 政策，各工業大國皆提出所屬的工業 4.0 政策。我國政府提出 5+2 創新產業政策，其中藉由整合智慧技術，使機械設備具備智慧化功能，促進我國機械產業升級。有鑒於此，本文以近十年關於智慧工具機切削精度提升相關專利之布局趨勢進行分析，並提出未來可發展重點方向，供我國相關業界參考。

關鍵字：工具機、精度、切削、智慧、補償、專利地圖、專利分析

machine tool、accuracy、cutting、intelligence、compensation、patent map、  
patent analysis

## 壹、前言

德國政府於 2011 年提出工業 4.0 政策，其目的在於進一步提升德國製造業之實力，保持製造業領先的地位；於此之後，各國政府紛紛提出所屬工業 4.0 政策。一般而言，製造業興盛的國家其工具機產業也越興盛，可見工具機在國家的製造業上具有不可或缺地位，如德國、日本等國。我國擁有完整工具機產業的上、中、下游，在靠著外銷輸出環境之下，成為全球機械出口產值前十大。然而，我國工具機產品的附加價值，如精度等問題，使我國工具機產品，在全球的定位中被認定為中階，圖 1 所示，在面對中國大陸等業者工具機之精度逐漸提升下，我國也應與時並進，努力使工具機產業提升至高階的地位。



影響工具機精度主要可分為三種因素<sup>1、2、3</sup>：

- (一) 工具機幾何誤差 (Geometric errors of machine tool)：主要為工具機機械結構上的安裝誤差 (misalignments)、零件長期使用下所產生磨耗、螺桿 (lead screw) 背隙或是零件本身重量、外來載重 (load) 都會造成工具機機械結構的偏差、變形。
- (二) 熱對工具機產生誤差 (Thermally-induced errors of a machine tool)：由於機械結構幾何關係，會將來自於驅動馬達 (drive motors)、主軸軸承 (spindle bearing) 的熱集中，產生溫度梯度沿著機械結構，造成螺桿、主軸因熱產生膨脹導致機械結構變形；再者，工具機在切削的時候，在工件與刀具之間產生摩擦熱造成刀具與工件產生磨耗與熱膨脹，均會造成誤差產生。
- (三) 切削加工因素 (Cutting Process)：銑削刀具之刀刀，因不連續切削，產生週期性的銑削力，導致主軸、刀具及工件夾具間產生振動，是為顫振 (chattering)，而顫振的發生跟主軸、切削力大小及工具機之機械結構剛性有關。

以上三種因素幾乎決定工具機產品在市場上的價格與競爭，也影響工具機對加工工件表面及尺寸精度，而前述這些因素有可能出現在工具機之工作平台、主軸、刀具、工具機整體。綜合以上所述，本文將以「智慧工具機切削精度提升」為主題，討論國內、外專利申請人所欲解決的問題及其所使用之技術手段，以供我國相關業者做為未來發展重點之參考。

<sup>1</sup> M. A. Donmez et. all, *A general methodology for machine tool accuracy enhancement by error compensation*, Vol.8, Issue 4, PRECISION ENGINEERING, 187-196 (1986).

<sup>2</sup> 王焜潔等人，灰系統理論及人工智慧在 CNC 立式中心加工機熱誤差補償之應用，計量管理期刊 2 卷 2 期，頁 207-218，2005 年。

<sup>3</sup> 陳永潤等人，刀具材質對工具機切削穩定性之影響，技術學刊 30 卷 1 期，頁 33-39，2015 年。

## 貳、檢索範圍

本研究檢索策略以關鍵字詞：「智慧」、「切削精度」及「工具機」<sup>4</sup> 衍生相關同義字並搭配工具機相關國際分類號（International Patent Classification，IPC），使用中華民國專利資訊檢索系統、Derwent Innovation 資料庫做為檢索之資料庫，檢索出近十年<sup>5</sup>來公開或公告的專利。檢索國家／專利局以中國大陸（CN）、美國（US）、日本（JP）、德國（DE）、歐洲專利局（EPO）、韓國（KR）及我國（TW）之發明專利為限。經上述檢索策略檢索後，相關專利申請數量有 3,132 件，其中專利家族數量為 1,469 件。本研究經過人工閱讀篩選關於智慧工具機切削精度提升之專利數量為 1,146 件，其中包含 583 個專利家族，做為專利分析圖表之資料來源。

## 參、專利布局分析

### 一、專利歷年申請趨勢

智慧工具機切削精度提升相關專利從 2008 年開始一路上升，到 2011 年達到巔峰，如圖 2 所示，由於 2016 年、2017 年還有部分案件尚未公開，於此先不予討論。在德國政府於 2011 年提出工業 4.0 政策之後，在當年的智慧工具機切削精度提升相關專利的申請量相較於 2010 年有大幅提升約 37.8%，表示工業 4.0 政策對智慧工具機切削精度提升有一定程度的影響。雖然申請的案件數在 2012 年開始降低，但若以 2011 年做為分界，比較 2008~2010 年與 2012~2015 年之專利申請量，前者共計為 287 件，平均每年有 95.6 件的申請量；後者之申請量共計為 525 件，平均每年約 131.2 件的申請量，可知兩者之間的平均值差約為每年 35 件的申請量，整體而言相關專利申請量是呈成長的趨勢。

從專利受理國家／局而言，如圖 3 所示，相關專利集中在中國大陸（CN）、美國（US）、日本（JP）等國家提出申請，而中國大陸、美國、日本這三國受理的專利數量占全部 89.6%；其中中國大陸就占約 51%，會有如此大申請量的原因或許

<sup>4</sup> 本文工具機之定義為車、銑削等為主，不包含雷射、沖壓等加工機。

<sup>5</sup> 由 2008 年 01 月 01 日至 2017 年 12 月 31 日，最後檢索時間為 2018 年 01 月 04 日。

與中國大陸是目前第一大工具機的消費國所致。（依據 GARDNER 2016 年全球工具機消費國家排名顯示，中國大陸為第一名，工具機消費量約占全球的 30.8%。）

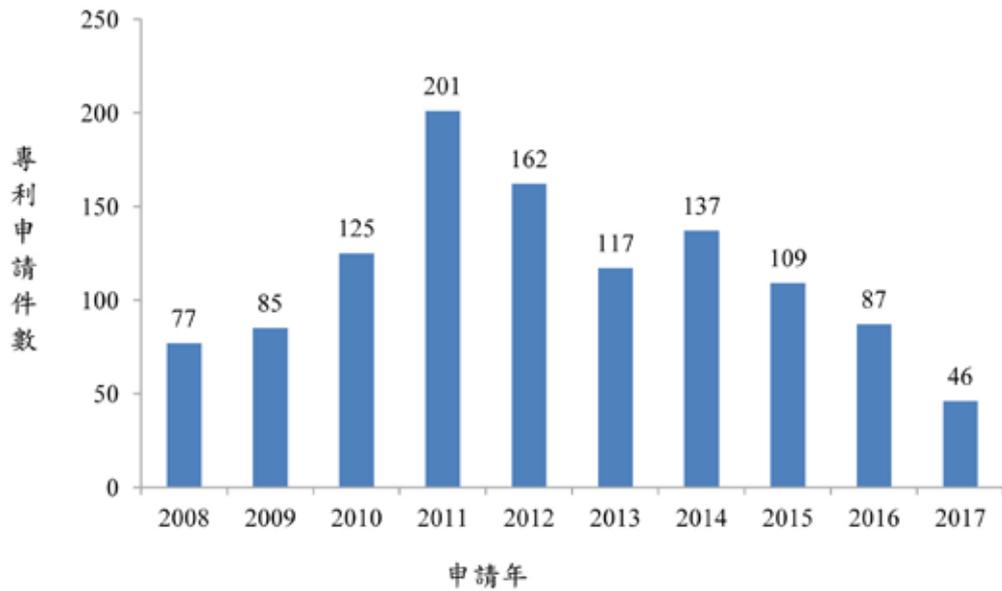


圖 2 智慧工具機切削精度提升相關專利歷年申請趨勢

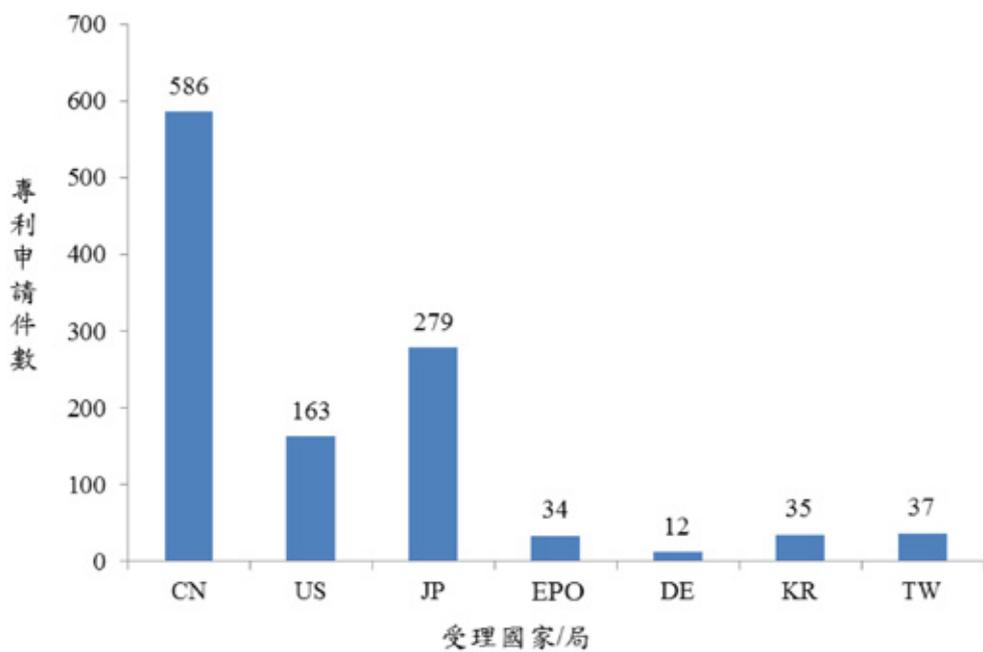


圖 3 智慧工具機切削精度提升相關專利受理國家／局

## 二、專利歷年申請量對應受理國家／局趨勢

圖 4 所示，各受理國家／局關於智慧工具機切削精度提升相關專利，在 2011 年到達高峰；以 2011 年為分界，2012~2015 年在中國大陸、美國之整體專利案件申請量較 2008~2010 年整體專利案件申請量高。但其中，日本與其他國家有些差異，日本在 2008~2010 年之申請量為 104 件，平均每年為 34.6 件的申請量；而 2012~2015 年之申請量為 102 件，平均每年為 25.5 件的申請量，兩者之間的平均值差距大約為每年 9.1 件的申請量，表示智慧工具機切削精度提升相關專利的申請量，在日本略有下降的趨勢，是否因研發能量的轉移則需要持續觀察。

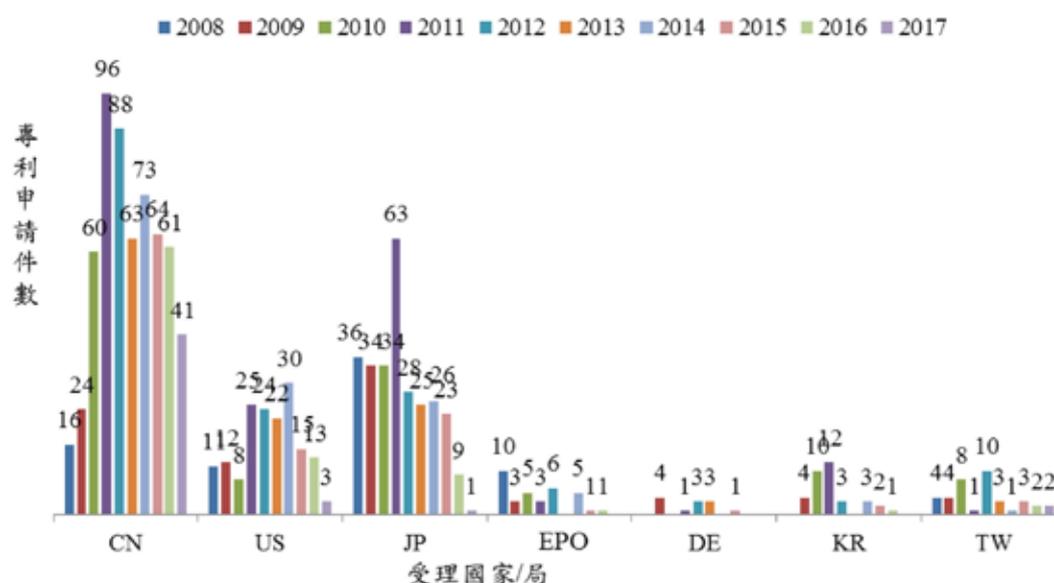


圖 4 智慧工具機切削精度提升相關專利歷年申請量對應受理國家／局

## 三、各國國籍申請人／專利權人在各國布局的現況

觀察各國國籍申請人／專利權人申請的現況，如圖 5 所示，中國大陸申請人及日本申請人合計占總數的 86.2%，這表示關於智慧工具機切削精度提升相關專利以日本與中國大陸申請人為主。

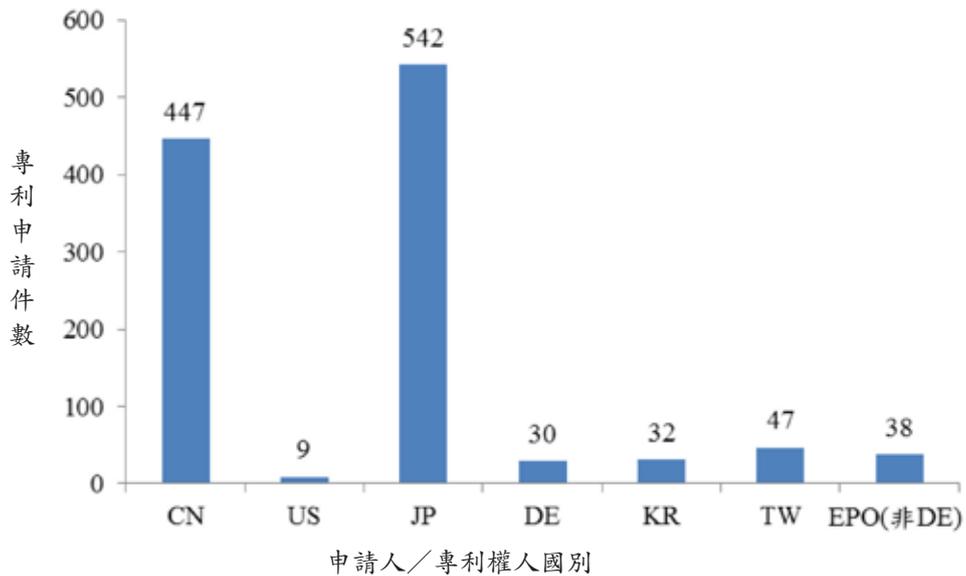


圖 5 各國申請人/專利權人專利申請件數統計

分析各國籍申請人/專利權人相關專利在各國分布情況，如圖 6 所示，日本申請人布局最廣，其布局以日本國內為最多約 48.9%，其次美國為 23.1%，中國大陸第三為 18.8%，這可能與東亞地區為日本第一的外銷市場，而北美地區為第二<sup>6</sup>有關。

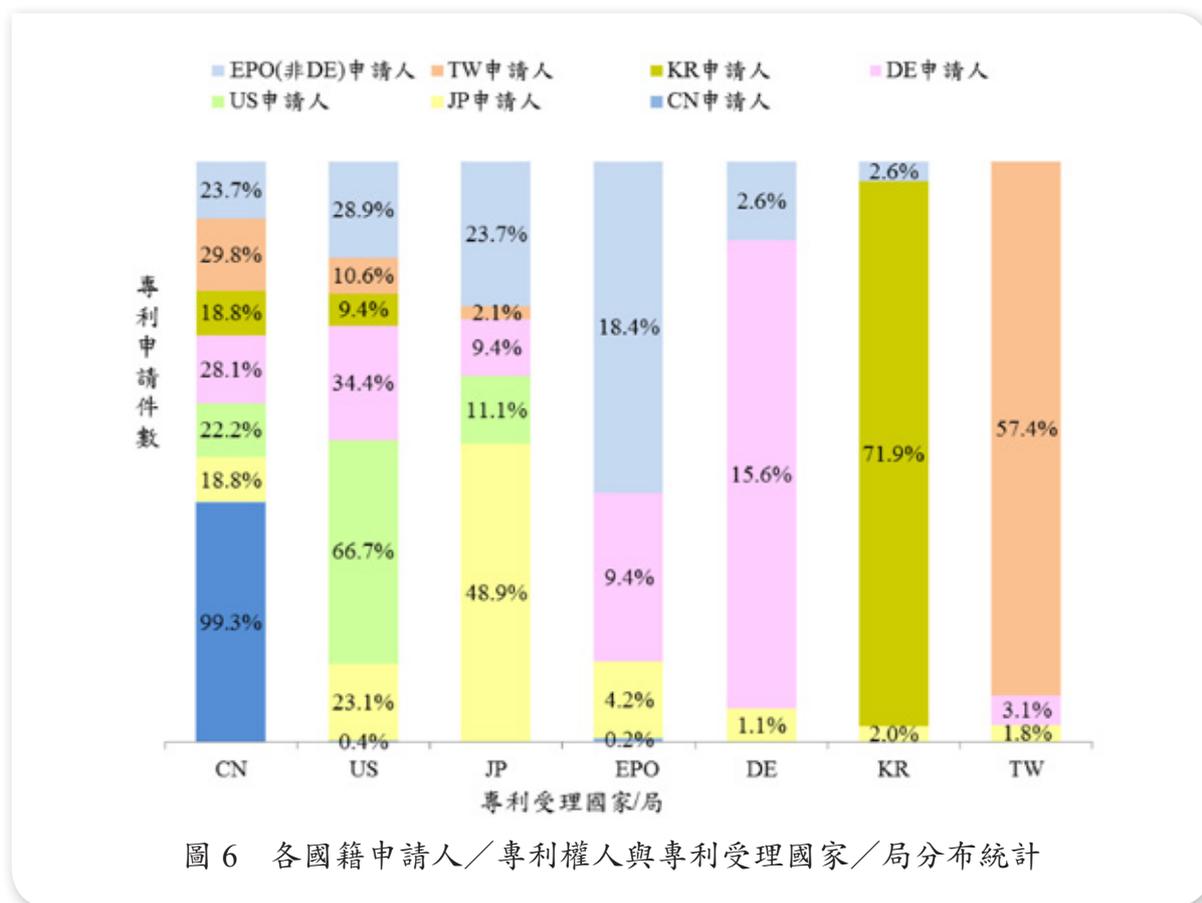
雖然，從圖 3 可知，中國大陸目前擁有最多受理專利數量，但從圖 6 得知是以中國大陸國籍申請人為多數（99.3%），本文推測，可能是中國大陸國籍申請人較少進行國外布局，或是中國大陸為目前工具機最大消費國，抑或是中國大陸政府推動專利資助辦法之緣故<sup>7</sup>。

另外，我國國籍申請人主要申請為我國、中國大陸以及美國為主，其中，我國國籍申請人在我國申請占 57.4%、在中國大陸申請占 29.8%、在美國申請占 10.6%，可見我國國籍申請人除重視本國專利申請之外，較看重的市場為中國大

<sup>6</sup> *Trends in Exports of Machine Tools*, JAPAN MACHINE TOOL BUILDERS' ASSOCIATION, <http://www.jmtba.or.jp/english/wp-content/uploads/10-11-2017.pdf> (last visited Apr. 25, 2018).

<sup>7</sup> 上海市知識產權局，上海市專利資助辦法，<http://www.sipa.gov.cn/zscqj/xxgkml/20180920/8415.html>（最後瀏覽日：2018/10/11）。

陸及美國的市場，這或許是因兩者分別占我國機械出口產值第一位及第二位<sup>8</sup>之緣故。



#### 四、專利技術分類

將智慧工具機切削精度提升相關專利，依據技術領域分類，如圖 7 所示，主要分布在國際專利分類主目中的 G05B 19/00（程序控制系統）、B23Q 15/00（刀具或工件之進給運動，切削速度或位置之自動控制與調整）、B23Q 17/00（機床上之指示或測量裝置），前三大 IPC 主目出現次數約占整體次數的 70.3%，其中以 G05B 19/00 為最多約 44%，由此可以推測工具機精度提升之相關專利應與工具機的程序控制器有極大的關係、其次為刀具或加工件進給運動控制，以及工具機上的測量或感測裝置。

<sup>8</sup> 臺灣機械工業同業公會，2017 年 1~12 月臺灣機械出口國家別統計分析表，[http://www.tami.org.tw/statistics/taiwan\\_ind\\_201712.pdf](http://www.tami.org.tw/statistics/taiwan_ind_201712.pdf)（最後瀏覽日：2018/04/25）。

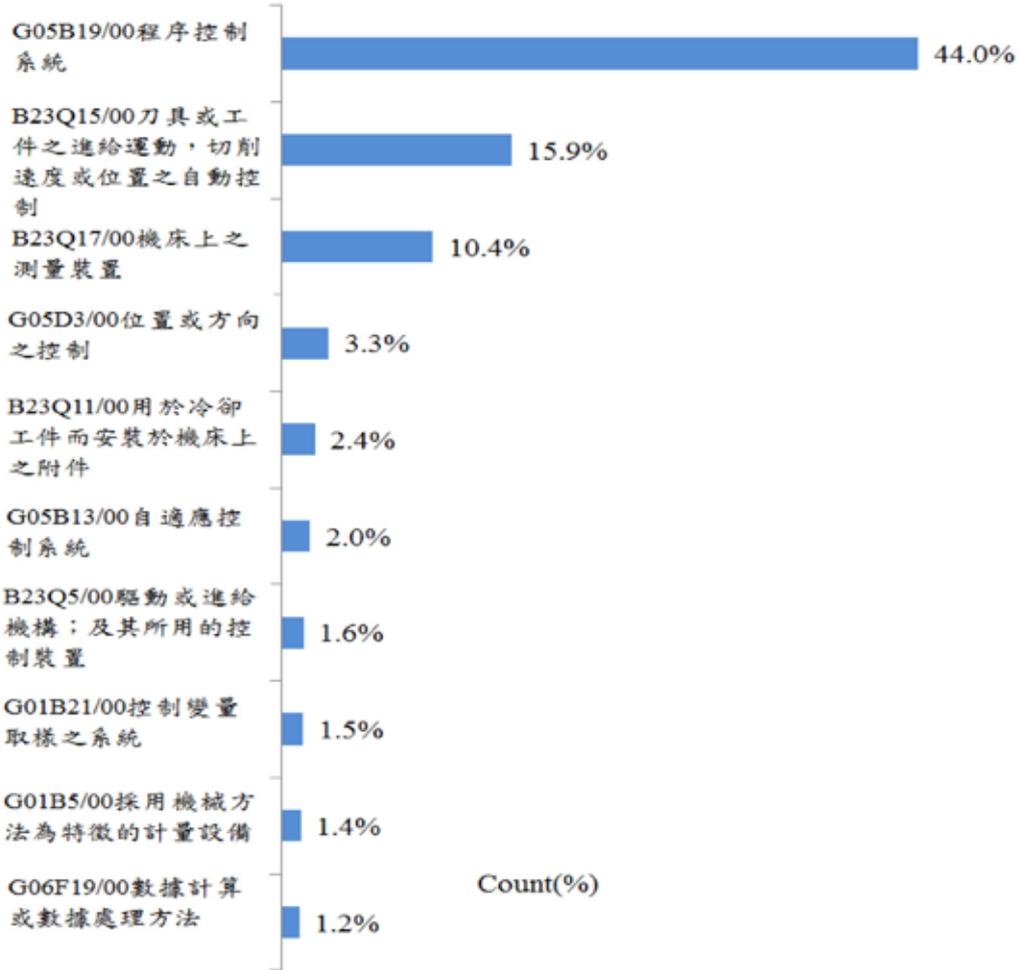
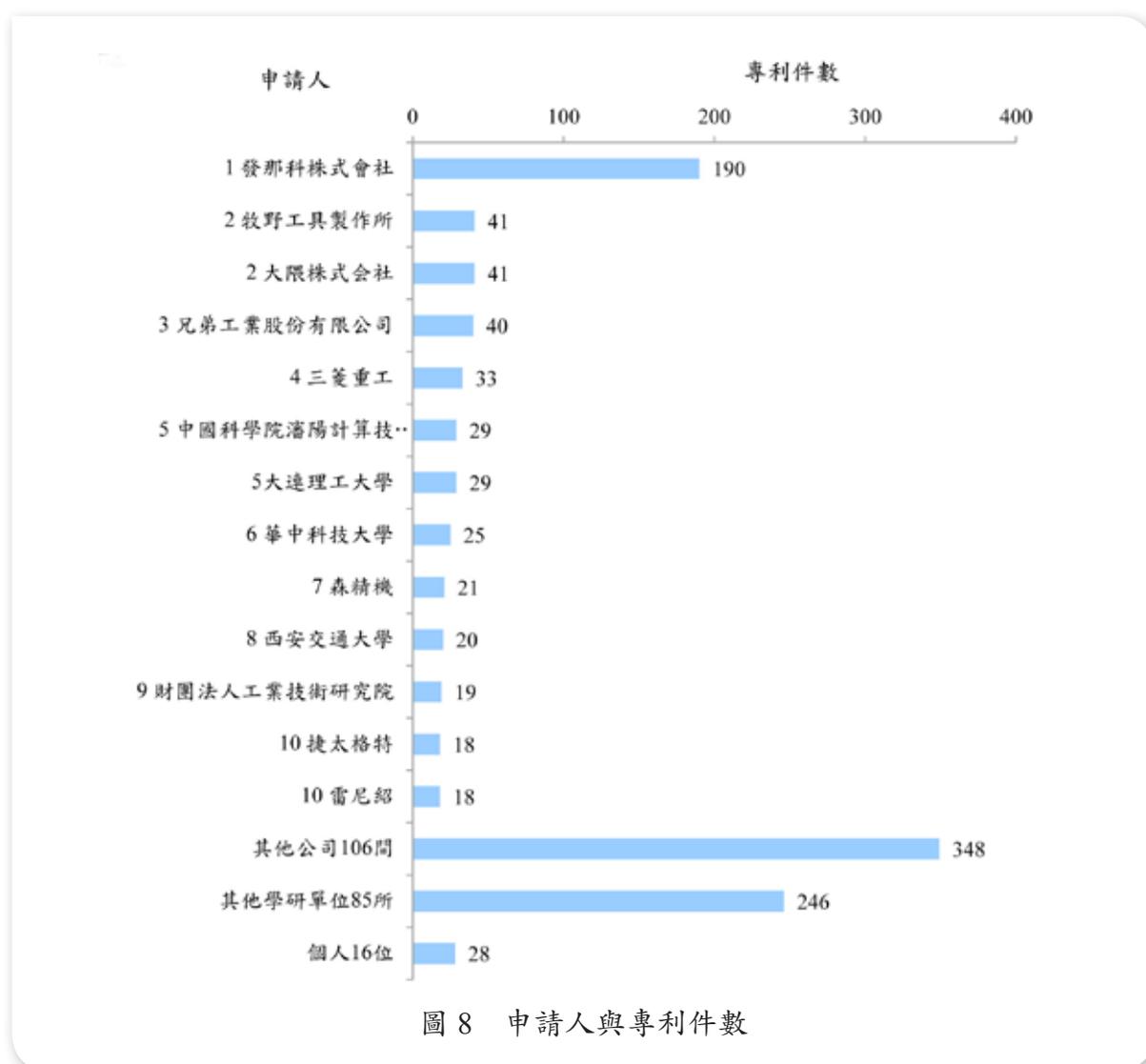


圖 7 IPC 技術領域分類

## 五、專利申請人分析

智慧工具機切削精度提升相關專利前十大申請人分析，如圖 8 所示，以日商發那科 (FANUC) 為第一、並列第二為日商牧野工具製作所 (MAKINO)、日商大隈 (Okuma)、第三為日商兄弟工業 (Brother)、第四為日商三菱重工、並列第五為中國大陸中國科學院瀋陽計算技術研究所、中國大陸大連理工大學，接著依序為中國大陸華中科技大學、日商森精機 (DMG MORI)、中國大陸西安交通大學、我國財團法人工業技術研究院 (工研院)，日商捷太格特 (JTEKT) 與英商雷尼紹 (Renishaw) 則為並列第十。

值得注意的是，前十大發明人，日本公司申請人占了7個名次（發那科、牧野、大隈、兄弟、三菱重工、森精機、捷太格特），約占申請件數總量的33.4%，這表示在智慧工具機切削精度提升研究方面，以日本公司較為重視。中國大陸申請人占了4名（中國科學院瀋陽計算技術研究所、大連理工大學、華中科技大學、西安交通大學），約占件數總量9%，這表示中國大陸在智慧工具機切削精度提升研究以學研單位為主。我國工研院排名為第九位，其占件數總量的1.6%，表示我國在智慧工具機切削精度提升研究以工研院為主。



## 六、企業研發能力及競爭力

企業研發能力及競爭力，如圖 9、10<sup>9</sup> 所示，縱軸代表被引證次數，被引證次數越高，表示該專利申請人在研發技術上領先或創新能量高。橫軸代表專利申請數量，申請專利數量越高，表示專利申請人投入研發能量越高。將統計對象之被引證次數與專利申請數量分別以中位數統計並作為座標的中心（29,61）（被引證次數之中位數為 61、專利申請數量之中位數為 29），如此可將座標分成四個象限。因此，位於第一象限之專利申請人具有較多的被引證次數與專利申請數量，表示具有較高的技術研發能量，以及較高的技術創新程度，推測為該技術所屬領域的領導者。亦即位於第一象限的發那科、牧野工具製作所、大隈等企業具有較高的技術研發能量以及較高的技術創新程度。

圖 10 為圖 9 之局部放大圖，位於第二象限有華中科技大學與雷尼紹，雖然技術創新程度較高但相關的專利申請件數並不多（低於 29 件）。位於第四象限的兄弟工業雖然已有一定的數量的布局，唯被引證次數較少（低於 61 次）。第三象限有西安交通大學、捷太格特、森精機、工研院，其被引證次數與專利申請數量均偏低。

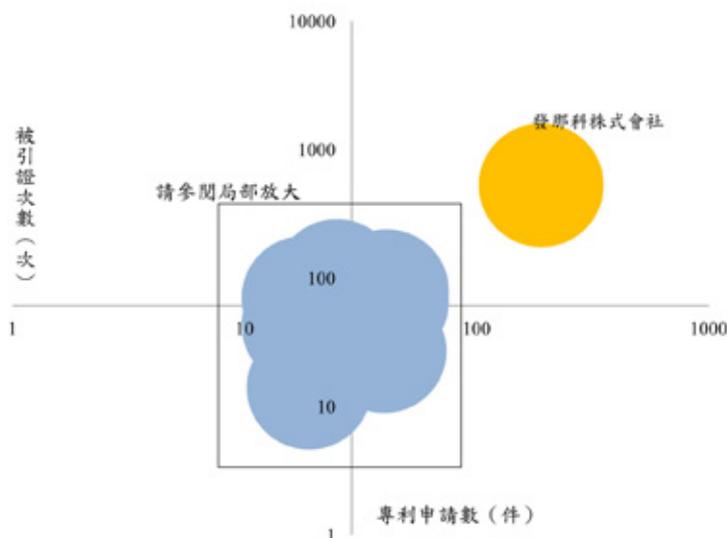


圖 9 企業研發能力及競爭力

<sup>9</sup> 圖 9 為顯示出發那科與其他企業在圖中的相對關係，故座標軸數字採用對數刻度呈現，該對數刻度基底為 10，而圖 10 為圖 9 之局部放大圖其座標軸數字維持正常比例呈現。

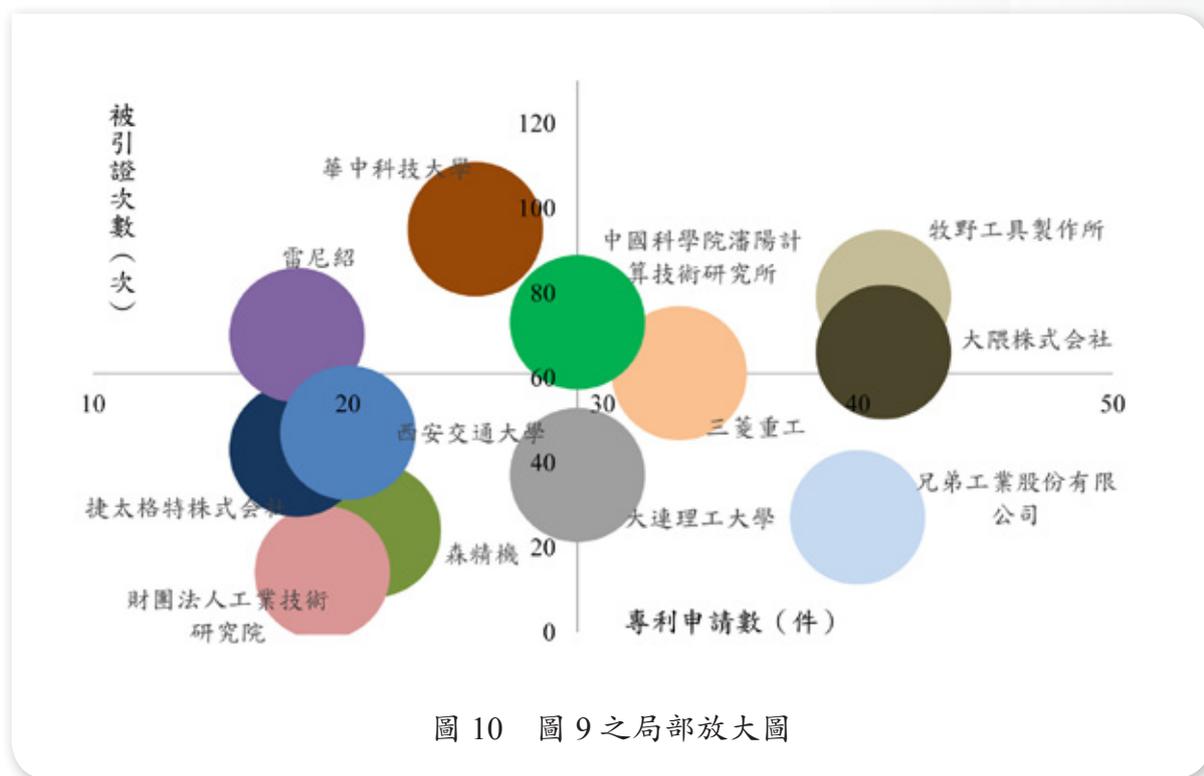


圖 10 圖 9 之局部放大圖

## 七、智慧工具機切削精度提升功效矩陣圖

圖 11 為智慧工具機切削精度提升相關專利之功效矩陣圖，表 1、2 則為改善手法代碼及欲解決問題說明。從圖 11 中，可觀察最多的申請人所欲解決的問題，第一名出現在「工具機多軸聯動 C4」有 209 筆、第二名在於「主軸切削路徑 A3」有 147 筆、並列第三則為「工具機因為溫度影響 C1」及「工具機主軸與工件之間定位 C3」各有 52 筆、第四為「主軸之振動、磨耗、進給 A2」共計 38 筆、第五為「工具機之振動、磨耗 C2」共計 22 筆。

所欲解決的問題最多出現在「工具機多軸聯動 C4」，這或許表示工具機目前走向或未來的需求是朝向具備多軸功能之工具機，所謂多軸意思指除了傳統 X、Y、Z 三軸還可能增加了 A、B 或 C 軸作為旋轉或擺動，或者是同時具有 A、B、C 三軸，形成多軸工具機。

針對「工具機多軸聯動 C4」定位問題，解決方式主要有 3 種，分別為「控制器的控制修正，誤差補償 V.1」、「輪廓軌跡規劃 XI」、「加減速規劃和刀具

姿態 XI.1」，其中以「控制器的控制修正，誤差補償 V.1」為第一位占 87 筆，該目的在於利用控制器控制工具機之軸偏移的修正控制。第二位為「輪廓軌跡規劃 XI」有 54 筆，其目的是工具機進給軸與工件軸之間運動輪廓軌跡規劃，第三位為「加減速規劃和刀具姿態 XI.1」有 27 筆，該目的則為利用軸加減速規劃和刀具姿態使工件表面平滑。

第二名改善「主軸切削路徑 A3」問題，解決方式主要有 4 種，「刀位點的生成 VII.1」、「刀位點的插補 VII.2」、「位置回饋控制 VIII」、「調整加減速度 VIII.2」；其中，以「刀位點的插補 VII.2」為第一位占 47 筆，該目的在於利用刀具位置點的插補法，藉由當前切削點與下一切削點之間新增一切削點，使得每一控制切削點更為接近，而使主軸切削路徑更加平滑。第二位為「位置回饋控制 VIII」有 28 筆，該目的為點對點的位置回饋控制，修正主軸切削路徑逼近最佳路徑。第三位為「刀位點的生成 VII.1」有 27 筆，該目的是藉由刀位點曲面建構以建立主軸切削路徑。第四位為「調整加減速度 VIII.2」有 26 筆，該目的是藉由調整加減速度改善主軸在切削過程中，遇切削路徑轉折處時所造成工件表面轉折處的粗糙問題。

分析所欲解決問題第三名「工具機因溫度影響 C1」及「工具機主軸與工件之間定位 C3」。其中，解決「工具機因溫度影響 C1」方法主要利用「溫度與熱位移量關係的建立熱誤差模型 I」有 20 筆，其目的在於利用建立溫度與熱位移量關係之熱補償函數來補正各軸因熱所造成之熱位移。「工具機主軸與工件之間定位 C3」問題則是以「感測器量測定位 X.1」手法處置，其手法利用探針、探頭等感測裝置量測主軸與工件軸之間位置後定位。

分析所欲解決問題第四名為「主軸之振動、磨耗、進給 A2」，方法主要有建立「穩態極限圖 VI」、「控制器的控制修正，系統穩定 V.2」。其中，該建立「穩態極限圖 VI」為 13 筆，目的在於利用測定主軸條件建立穩態極限圖以調整主軸轉速到穩定範圍降低主軸振動問題。「控制器的控制修正，系統穩定 V.2」為 11 筆，目的在於解決伺服馬達與控制器控制訊號不同步所產生系統不穩定的問題。

所欲解決問題第五位為「工具機之振動、磨耗 C2」，解決手法主要是「建立誤差模型 II」有 10 筆，其目的在於利用建立數學誤差模型來補償工具機之磨耗。

此外，圖 11 中可得知大部分的申請人，將研發能量投入在「工具機整體 C」為 335 筆，占矩陣圖 57.4%、其次為「主軸 A」為 208 筆，占矩陣圖 41.3%，故這兩大主體後續可作為研發方向觀察的參考。

為進一步觀察主要專利申請人欲解決問題，請參閱圖 12。發那科所欲解決問題主要為「工具機多軸聯動 C4」、牧野為「工具機多軸聯動 C4」、大隈為「工具機多軸聯動 C4」、兄弟工業為「工具機因溫度影響 C1」、三菱重工為「主軸切削路徑 A3」、中國科學院瀋陽計算技術研究所為「主軸切削路徑 A3」、大連理工大學為「工具機多軸聯動 C4」。值得注意的是，大部分主要專利申請人所欲解決問題放在「工具機多軸聯動 C4」上，與其他專利申請人所欲解決問題具有一致性，表示解決「工具機多軸聯動 C4」問題對於工具機切削精度提升具有重要的關聯性。

表 1 改善手法代碼說明

代碼	手法	代碼	手法
I	溫度與熱位移量關係的熱補償函數的建立	VI	建立穩態極限圖
II	建立誤差模型	VII.1	刀位點的生成
II.1	神經網路模型、貝葉斯模型、斯特克貝裡模型	VII.2	刀位點的插補
II.2	回歸分析建立模型	VIII	位置回饋控制
II.3	以有限元素法建立模型	VIII.1	調整刀具姿態
III	建立預測模型	VIII.2	調整加減速度
III.1	以類神經網路為學習訓練模型	IX	背隙補正
III.2	其他訓練學習模型	X.1	感測器量測定位
IV	保持恆定溫度下加工	X.2	影像辨識定位
V.1	控制器的控制修正，誤差補償	XI	輪廓軌跡規劃
V.2	控制器的控制修正，系統穩定	XI.1	加減速規劃和刀具姿態
		XII	其他

表 2 欲解決問題說明

應用領域	代碼	欲解決問題
主軸 A	A1	溫度影響
	A2	振動、磨耗、進給
	A3	切削路徑
	A4	工件材質
加工件承載台 B	B1	溫度影響
	B2	振動、磨耗、背隙
	B3	工件質量變化
工具機整體 C	C1	溫度影響
	C2	振動、磨耗
	C3	主軸與工件軸之間定位
	C4	多軸聯動
刀具 D	D1	溫度、磨耗
	D2	安裝

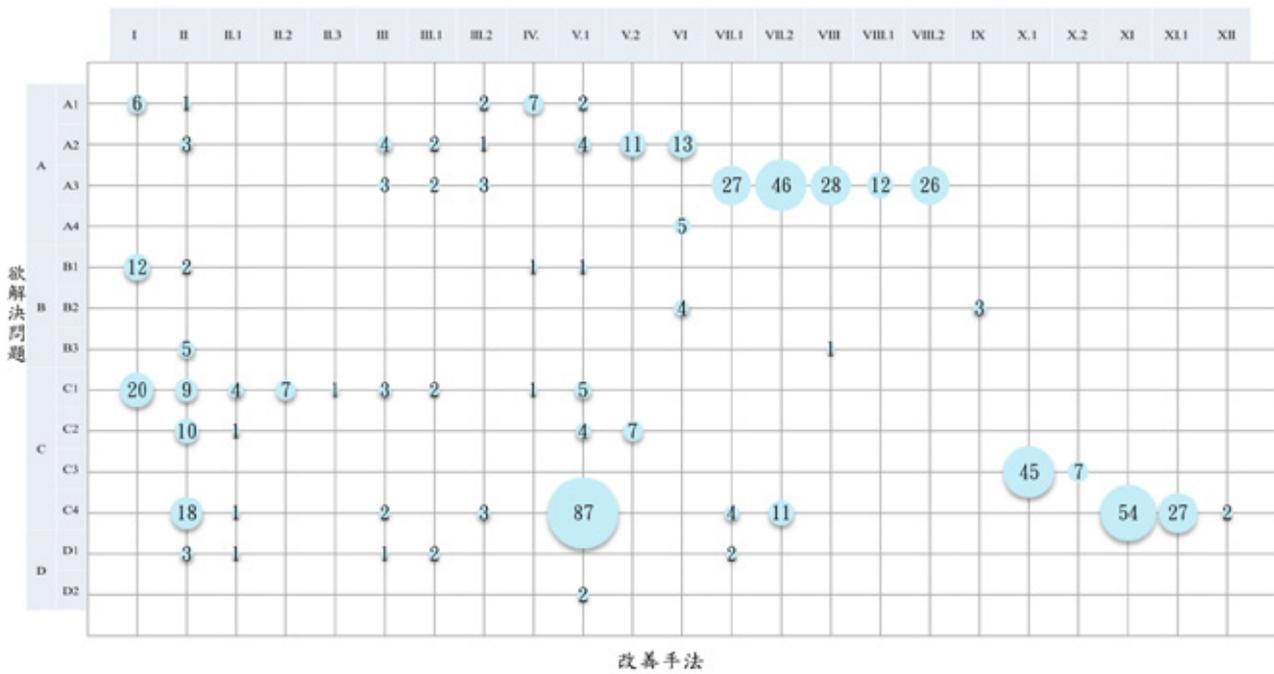


圖 11 智慧工具機切削精度提升功效矩陣圖

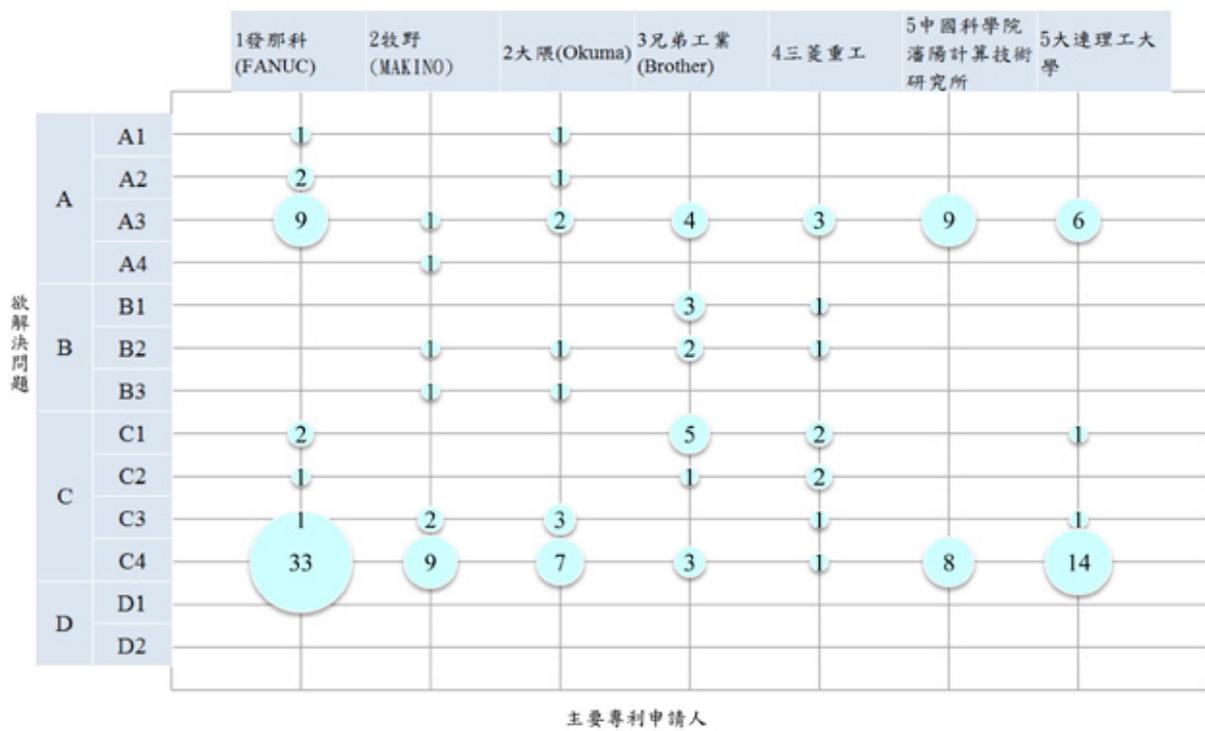


圖 12 主要專利申請人所欲解決問題矩陣圖

## 八、我國申請人於智慧工具機切削精度提升之功效矩陣圖分布

圖 13 顯示我國申請人（深藍色圓點處，在深藍色圓點下方處方框顏色反白為我國申請人之件數）在智慧工具機切削精度提升相關專利的分布情況，我國申請人申請量為 36 筆占整體總量的 6.2%。圖 13 中觀察最多的我國申請人所欲解決的問題出現在「工具機多軸聯動 C4」為 9 筆、「工具機因為溫度影響 C1」、「工具機主軸與工件之間定位 C3」及「主軸切削路徑 A3」，三者皆為 5 筆並列第二。第三位為「主軸溫度影響 A1」、「主軸之振動、磨耗、進給 A2」皆為 3 筆。

此外，圖 13 中可得知大部分的我國申請人，將研發能量投入在「工具機整體 C」為 20 筆，占我國申請案的 55.5%、其次為「主軸 A」為 12 筆，占我國申請案的 33.3%，故我國申請人研發方向與上述第七節所述之最多申請人所欲解決問題是相同（「工具機整體 C」、「主軸 A」），顯見亦與國際研究方向趨勢一致。

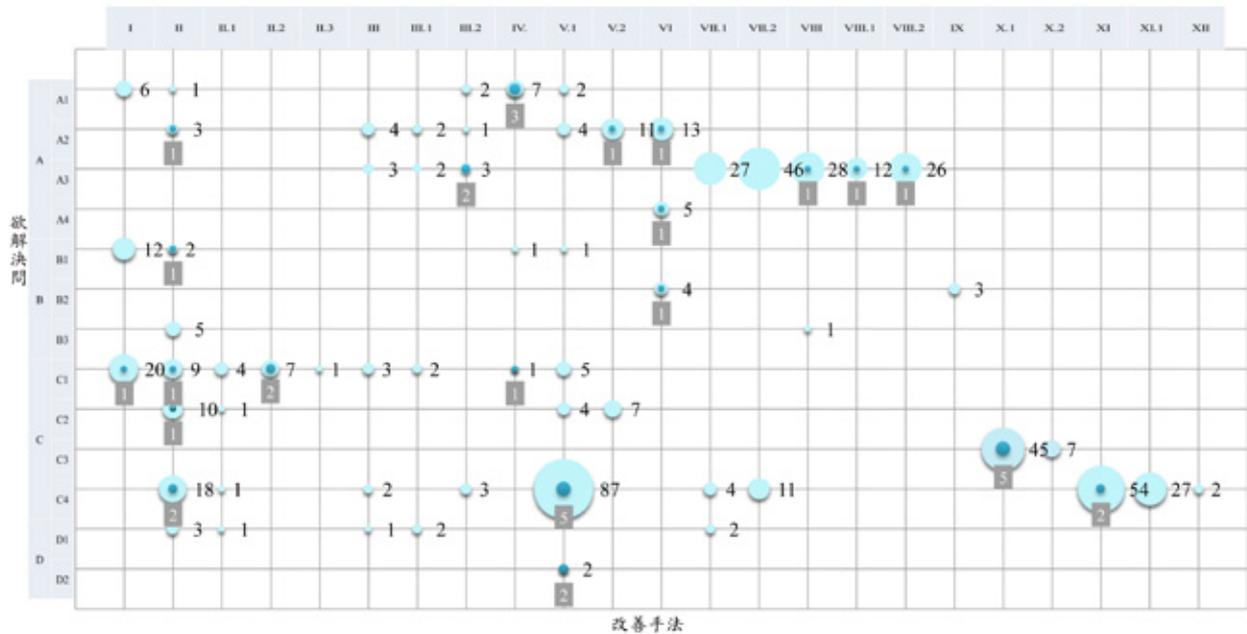


圖 13 我國申請人在智慧工具機切削精度提升功效矩陣圖之分布現況

## 九、智慧工具機切削精度提升核心專利

核心專利可以認為是關鍵技術加上優良的申請專利範圍保護，藉由專利被引用次數來輔助判斷。如果一件專利被引用次數較高，那麼該專利的重要性亦較高，亦可能是該技術領域中的核心專利；由於專利公開時間越久，受到引用的機會將會增加。若一件專利公開不久，卻被專利審查官或是其他專利所引用，即可初步判斷該專利具有較高的重要性。故藉由圖 14 所示，縱軸表示專利每年平均被專利審查官或其他專利引用的次數，橫軸表示專利的公開年或公告年，藉由同時考量被引用次數及公開時間長短兩種因素，來初步判斷工具機切削精度提升之核心專利。表 3 列出平均被引用次數前 20 名之專利。

由核心專利的分析得知在智慧工具機切削精度提升相關專利中較為重要的技術有「多軸聯動 C4」。

表 3 每年平均被引用次數前 20 名

排序	專利號	公開年	累積被引用次數	每年平均被引用次數	欲解決問題
1	US20090140684A1	2009	33	3.3	多軸聯動 C4
2	CN102023613A	2011	25	3.1	切削路徑 A3
3	CN101980091A	2011	23	2.9	多軸聯動 C4
4	CN102091972A	2011	23	2.9	溫度、磨耗 D1
5	CN101853013A	2010	25	2.8	切削路徑 A3
6	CN102284888A	2011	22	2.8	振動、磨耗、進給 A2
7	US20150081084A1	2015	11	2.8	多軸聯動 C4
8	CN101549468A	2009	27	2.7	溫度、磨耗 D1
9	JP2013171376A	2013	16	2.7	切削路徑 A3
10	US20160195389A1	2016	8	2.7	主軸與工件軸之間定位 C3
11	CN101943896A	2011	21	2.6	振動、磨耗 C2
12	CN102298358A	2011	21	2.6	多軸聯動 C4
13	CN103537743A	2014	13	2.6	多軸聯動 C4
14	CN102033508A	2011	20	2.5	多軸聯動 C4
15	CN101615022A	2009	24	2.4	溫度、磨耗 D1
16	US20100018069A1	2010	21	2.3	主軸與工件軸之間定位 C3
17	CN101758418A	2010	21	2.3	多軸聯動 C4
18	CN103034169A	2013	14	2.3	溫度影響 C1
19	US20100101105A1	2010	21	2.3	溫度影響 C1
20	CN102147600A	2011	16	2.0	切削路徑 A3

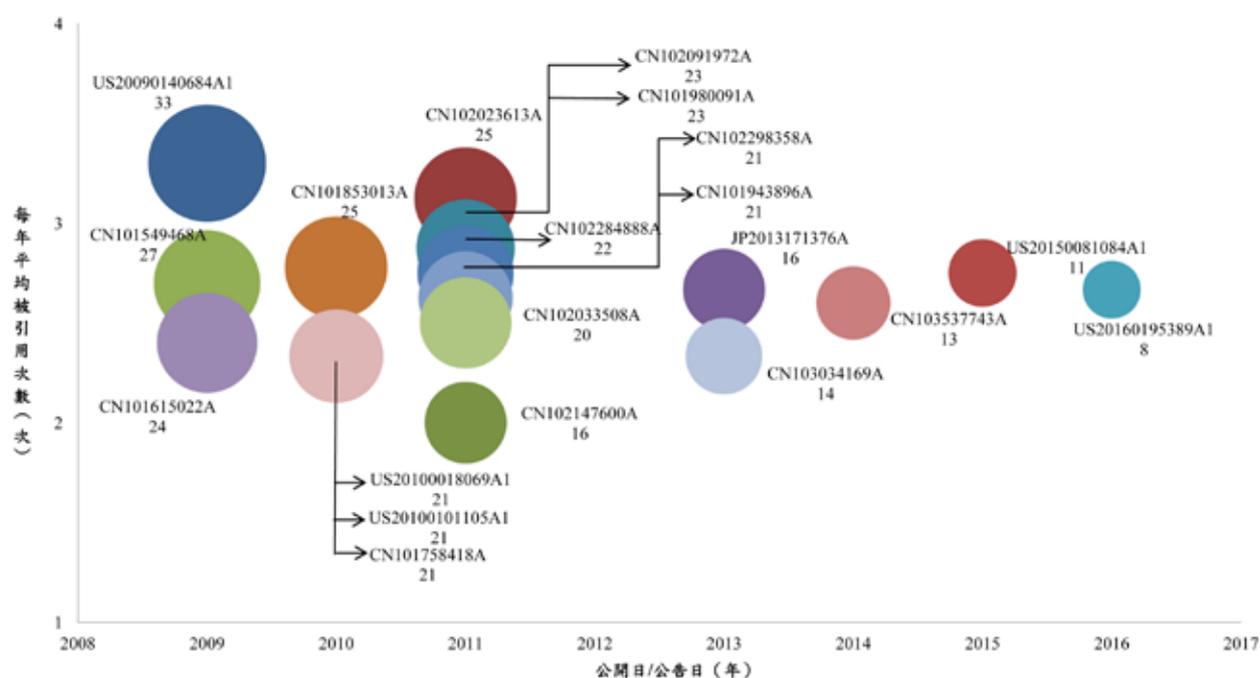


圖 14 智慧工具機切削精度提升核心專利

## 肆、結論與建議

智慧工具機切削精度提升相關專利於 2011 年達到巔峰，整體而言呈成長趨勢，表示工業 4.0 政策對智慧工具機切削精度有一定程度的影響。相關專利集中在中國大陸、美國、日本。將其依技術領域分類，主要分布在程序控制系統為最多占 44%，其次則為刀具或加工件進給運動控制，以及工具機上的測量或感測裝置。而相關專利前十大申請人，以日商發那科為第一，同時發那科在企業研發能力及競爭力排名亦為第一，為該技術領域的領導者。

由技術功效矩陣圖得知目前關於智慧工具機切削精度提升相關專利所欲解決的問題，以「多軸聯動 C4」及「切削路徑 A3」為兩大重心，占專利總申請量的 61.6%，意謂該兩者為紅海區<sup>10</sup>，而且我國工具機相關業者與國際研究方向趨勢一致。

<sup>10</sup> 紅海區指專利競爭較多區域。



綜合上述所言，智慧工具機切削精度提升呈成長趨勢且解決問題以「切削路徑 A3」與「多軸聯動 C4」為主，推測專利申請人也會對此技術持續進行專利布局，建議我國相關業者可加強自身產品的專利布局，並進行相關產品的專利檢索，以提升我國工具機產業競爭力。