

「駐美國臺北經濟文化代表處與美國在臺協會間氣象先進資料同化與預報模式系統發展技術合作協議」第 10 號執行辦法「加強中央氣象局區域數值預報系統」諮商服務工作說明書 A

I. 工作說明

1. 工作項目 1：支援中央氣象局 WRFDA 作業系統和提升 WRFDA 的表現

2012 年期間，TECRO 之指定代表中央氣象局 (CWB; Central Weather Bureau) 完成了在中央氣象局作業環境下 OP24 版之建置，包含了 WRFDA V3.3.1/WRF V3.3.1 和 WPS V3.3.1。2013 年 AIT 之指定代表 UCAR (University Corporation for Atmospheric Research)，與中央氣象局雙方將更密切地合作升級中央氣象局作業系統至 OP25 版 (註：OP25 所使用的 WRFDA/WRF 和 WPS 版本與 OP24 相同)，UCAR 亦會繼續提供中央氣象局 WRFDA 作業環境相關的技術支援。

1.3 支援 OP25 資料同化項目與建置 WRF 4D-Var

1.1.1 一般性支援中央氣象局 OP25 系統與更新 FSO

2013 年 AIT 之指定代表 UCAR，將提供 OP24 升級至 OP25 之過渡期間 WRFDA 相關的技術支援，UCAR 將協助 TECRO 之指定代表中央氣象局解決 OP25 作業中與 WRFDA 相關的問題以及必要的訓練。UCAR 也將升級 FSO 的新功能，特別是修改後的基準質量加權計算。此外，UCAR 將研究以伴隨為基礎的 FSO 在 WRFDA 混合環境中應用的可行性和有效性。

1.1.2 支援 WRF 4D-Var 在 OP24 或 OP25 上之建置

AIT 之指定代表 UCAR，首先將檢視多重增量 4D-Var 在不同模式解析度中的內插演算法與策略。重點將放在演算法使用於臺灣複雜地形上之可靠性、有效性和健全性。其次，UCAR 將協助 TECRO 之指定代表中央氣象局在 OP24 或 OP25 系統上建置 4D-Var。更新後的 4D-Var 程式將測試在 2012 年實驗測試使用過的 2008 年 T-PARC 颱風個案。UCAR 將比較 4D-Var 使用[-3, +3]窗區與[0, 6]窗區之效能，並根據實驗結果提出 4D-Var 資料同化策略。

1.2 針對中央氣象局作業資料同化與預報系統發展 WRFDA 背景/分析混合策略

AIT 之指定代表 UCAR，將針對中央氣象局作業資料同化與預報系統發展 WRFDA 之背景及分析混合策略。UCAR 將發展一離線混合程序來結合先進研究 WRF 預報(分析)與全球預報系統(GFS)預報(分析)，產生修改後的背景(分析)場。此混合的主要目的是為了改善中央氣象局區域資料同化與預報系統的背景(分析)狀態之大尺度特性。此混合將藉由增量空間濾波方法來達成。2013 年，UCAR 將：

- 運用低通 Raymond 六階切線隱式濾波發展一離線背景混合程序。
- 遞交離線混合程式碼予中央氣象局。
- 提供中央氣象局科學家在 WRFDA 背景/分析混合方法之協助。

1.3 混合變分/系集資料同化之發展與測試

在 2012 年，AIT 之指定代表 UCAR 耦合變分/系集混合資料同化 (WRFDA-hybrid) 與系集調整濾波器 (WRF/DART)，建置出另一程序之混合變分/系集資料同化系統，並且對 2008 年 9 月中之 3 個颱風個案進行實驗測試，結果顯示該混合資料同化之效能可與現行中央氣象局颱風預報模式 (TWRF/3DVAR) 作業系統相媲美。在 2013 年，UCAR 將執行下列工作項目：

1.3.1 發展變分/系集混合資料同化之雙網格解析度功能

目前變分/系集混合資料同化系統之平均背景場與系集輸入場的模式解析度設定必須一致才能運作，然而此條件將限制高解析度模式之應用。雙網格解析度功能可在高解析度平均分析場環境下輸

入低解析度系集模組資訊，此工作將能使 WRFDA 的程式碼有顯著發展。在雙向耦合的個案中（即將系集平均置換為變分/系集混合資料同化之分析場），亦需要一離線程式將高解析度平均分析場轉換成與系集模組相同解析度之輸入場，以使系集預報流程在下一個循環中可以持續進行。新發展之程式必須能夠穩定地運用在地形複雜之東亞區域。

1.3.2 具雙網格解析度功能之系集變分混合資料同化測試及其與之前單解析度混合方案之結果比較實驗設計方案可進行變更，其內容之後會由 AIT 之指定代表 UCAR 與 TECRO 之指定代表中央氣象局共同討論決定。主要的雙網格解析度將設定在 15 公里與 45 公里的網格解析度，實驗同樣採用 2008 T-PARC 個案，為使結果比對能一致，將持續使用前一作業版本（即 OP24）進行測試。中央氣象局亦將指定數個 2012 年的颱風個案，使用更新的作業版本（例如 OP25）進行實驗測試。

1.3.3 提供 DART 使用 WRFDA 觀測算符之技術指導與支援

透過 AFWA 支援，現已發展在 DART 中使用 WRFDA 觀測算符之技術，AIT 之指定代表 UCAR 將提供耦合 WRFDA 觀測算符與 DART 系統之程式碼給 TECRO 之指定代表中央氣象局，並且在中央氣象局作業環境中協助程式安裝與測試。

1.3.4 針對中央氣象局預報系統發展進行網格統計內插法/混合資料同化（GSI-hybrid）與 NOAA 系集卡爾曼濾波系統耦合之初步建置與測試

透過 AFWA 支援，已發展網格統計內插法/混合資料同化與 NOAA 系集卡爾曼濾波資料同化系統耦合之技術。AIT 之指定代表 UCAR 將提供程式碼給 TECRO 之指定代表中央氣象局，並且在中央氣象局作業環境中協助程式安裝與測試。

1.4 進一步發展 WRFDA 背景誤差協方差選項

1.4.1 擷取 GSI 背景誤差(BE)之新特性並建置於 WRFDA CV3 背景誤差中

在 2012 年，AIT 之指定代表 UCAR，重新探討網格統計內插法(GSI)與 WRFDA CV3 之應用，開發了這兩個系統程式的相關部分流程圖。在設定階段，詳細的平衡迴歸係數以及 GSI 與 CV3 之間的垂直長度尺度的差異已經充分的理解。且已將 GSI 內相關的程式應用於 WRFDA。在 2013 年，UCAR 將：

- 進一步探討 GSI 內的水平遞迴濾波與標準化標準差之應用並將相關程式移植至 WRFDA。

- 研究 GSI 與 CV3 使用 BE 的詳細內容，包含控制變數 Ps 與 log(Ps)，3-D 壓力推導，與多重水平尺度的遞迴濾波等。

AIT 之指定代表 UCAR，將依據 GSI BE 發展額外的 WRFDA BE 選項。

1.4.2 協助找出 WRFDA 風場變異數調整因素不靈敏的問題

AIT 之指定代表 UCAR，將針對 GSI 進行類似 TECRO 之指定代表中央氣象局在 2012 年底完成的 WRFDA 實驗，並遞交報告給中央氣象局。

以下是工作項目 1 的時程摘要與資源需求：

執行期限

	a. 協助 OP25 與 WRF 4D-Var 之建置	01/01/13 – 11/30/13
	b. 發展與協助 WRFDA 背景/分析混合策略	01/01/13 – 11/30/13
	c. 發展與測試混合變分/系集資料同化	01/01/13 – 11/30/13
	d. 以 GSI 為依據改進 WRFDA CV3	01/01/13 – 11/30/13

資源需求

1.1 FTE UCAR 人力

遞交項目

	1. 更新的 FSO 系統	11/30/13
	2. 以伴隨為基礎的 FSO 在 WRFDA 混合環境之可行性和有效性報告	11/30/13
	3. WRF 4D-Var 在 OP24 或 OP25 上程式碼與流程之建置	11/30/13
	4. 4D-Var 多重增量與時間窗區效能實驗結果之彙整報告	11/30/13
	5. 離線混合程式	06/30/13
	6. 具雙網格解析度功能之系集變分混合資料同化的程式	11/30/13
	7. 具雙網格解析度功能之系集變分混合資料同化的測試實驗結果之彙	11/30/13

	整報告	
8.	耦合 WRFDA 觀測算符與 DART 程式碼以及相關個案測試必要之流程，並以簡報檔形式記載進度	11/30/13
9.	GSI 混合與 EnKF 程式碼以及相關個案測試必要之控制流程	11/30/13
10.	GSI 混合與 EnKF 測試參數記載於簡報檔中且在中央氣象局複製 UCAR 的颱風單點測試結果	11/30/13
11.	在中央氣象局複製 UCAR 的颱風單點測試結果(在第 10 項被列入)	11/30/13
12.	GSI 風場變異數調整因子之敏感度報告	06/30/13

2. 工作項目 2：測試與發展支援 WRF/DART 系集 (Ensemble) 資料同化系統

目前主要的系集作業系統 (美國環境預報中心網格統計內差法/混合資料同化系統、加拿大全球系集資料同化系統和歐洲中期氣象預報中心模式系統) 大都使用 60-114 個系集成員，而中央氣象局使用 32 個系集成員進行 WRF/DART 測試是系集資料同化系統的最基本需求數。增加 WRF/DART 系統系集成員數目，應可減少統計樣本誤差問題，以進階改善 WRF/DART 系統之分析場和模式預報場。

在 2013 年，AIT 之指定代表 UCAR 將評估在分析及預報上使用 64 個系集成員對於 WRF/DART 系統之同化效能。

2.1 WRF/DART 使用 64 個系集成員之效能評估

AIT 之指定代表 UCAR 將藉由 64 個系集成員的 WRF/DART 系統與目前 32 個系集成員系統進行測試與比較，診斷 WRF/DART 提升系集成員數對於分析場和預報場之表現，此一檢測將著重在颱風個案的分析和預報。UCAR 將：

- 針對現行運作系統和提昇系集成員數目之同化測試系統進行只同化中央氣象局颱風封包資料之分析實驗 (使用某一中間時刻經所有觀測資料之循環同化的系集預報背景資訊)。UCAR 將診斷該實驗分析場的颱風結構，並探討提升系集成員數目對於分析場之改進。
- 進行兩星期資料同化循環流程實驗，比較現行運作系統和提昇系集成員數目之同化測試系統兩者颱風路徑誤差與颱風強度預報。
- 以無線電探空儀資料對系集 6 小時預報場進行校驗。

同化實驗將選取 2008 年 9 月 4 日至 24 日之 T-PARC 期間，該時期之颱風分別有辛樂克 (Sinlaku) 和哈格比 (Hagupi)。在實驗期間也將對提昇系集成員數目之同化系統進行 DART 之局部參數與隨機物理強迫參數之調校，使與提昇數目之系統相符合。

2.2 WRF/DART 在中央氣象局測試之技術支援

當程式版本有變更時，AIT 之指定代表 UCAR 將提供 WRF/DART 更新版本給 TECRO 之指定代表中央氣象局。UCAR 也會針對中央氣象局提供的相關議題及問題提供遠端諮詢協助與支援，包含如何調整 DART 參數以及使用耦合 3D-Var 觀測算符之混合資料同化系統。

2.3 協助隨機動能後項散射法 (SKEBS) 於中央氣象局系集預報系統 (EPS) 之應用

AIT 之指定代表 UCAR 將提供 TECRO 之指定代表中央氣象局在梅雨及颱風個案上，有關隨機動能後項散射法於中央氣象局系集預報系統的技術指導及應用。此外中央氣象局也將指派 1 名工作同仁至 UCAR 訪問 4 個月。

以下是工作項目 2 的時程摘要與資源需求：

執行期限

	a.WRF/DART 提升系集成員數目決策之效能評估與控制參數調校	01/01/13 – 11/30/13
	b.支援 WRF/DART 在中央氣象局之測試	01/01/13 – 11/30/13
	c.支援隨機動能後項散射法於中央氣象局系集預報系統之應用	01/01/13 – 11/30/13

資源需求

0.4 FTE UCAR 人力

遞交項目

	1. WRF/DART 之更新版本程式碼及 namelist 設定	11/30/13
	2. WRF/DART 提升系集成員數目改善結果之評估報告	11/30/13

3. 工作項目 3：使用中央氣象局地基式 GPS 觀測網資料進行水氣反演之改善與支援

AIT 之指定代表 UCAR，過去提供 TECRO 之指定代表中央氣象局，有關使用臺灣地區作業之地基式 GPS 觀測網資料，進行資料收集與水氣反演的工作。UCAR 負責中央氣象局之 GPS 資料處理系統的維運與作業，以提供臺灣 74 個 GPS 測站的可降水量估計。其 GPS 資料處理系統包含逐時輸出、每 2 小時輸出以及逐日輸出總共 3 種形式。此外，臺灣地區地面自動觀測網 GPS 測站收集之資料可推算 GPS 測站之地面溫度與壓力資料，並產製每小時、每 2 小時之近即時可降水量的監測、以及每日 1 次之 GPS 測站座標計算和可降水量資料之重分析。UCAR 在 2013 年所提出的工作包括持續分析中央氣象局 GPS 資料、在現行系統上新增氣象局新一代的 GPS 觀測資料、將現行作業系統移植到新的電腦設備、發展 precise point positioning (PPP) 系統，以加速處理大量的 GPS 觀測資料，並增加產引輸出的時間解析度。以下將針對每一個工作項目進一步說明。

3.1 中央氣象局 GPS 觀測網資料分析

AIT 之指定代表 UCAR，將持續監控中央氣象局的 GPS 資料分析在大氣的應用，UCAR 會確保可降水量資料處理系統能夠順利產出 3 種不同的可降水量產品（每小時輸出、每 2 小時輸出以及每天產生），並且監控觀測資料之品質、資料傳輸效能與產品品質，使可降水量產品可以持續提供給研究員與預報員使用。此項工作包含以下工作項目：

- UCAR 將會更新 Bernese V5.0 之 GPS 資料處理軟體，確保中央氣象局分析系統可以使用到最新版本的 GPS 資料處理軟體。
- 中央氣象局的分析系統額外涵蓋 10 個日本國土調查所 (GSI) 的 GPS 觀測站，這些觀測資料是經過 GSI 的特殊同意後才能取得。UCAR 將會重新向 GSI 提出 1 年的申請，以便持續使用距離臺灣方圓 500km 以內之 GPS 觀測資料。

3.2 整合更新之中央氣象局測站至分析系統

中央氣象局之 cGPS 測站網正在更新使用 Trimble Net R9 儀器，這個儀器為具有可以接收 GPS 和 GLONASS 訊號之全球定位衛星 (Global Navigation Satellite System, GNSS) 的接收器，它也提供資料串流的機制以減少時間延遲。中央氣象局現行之大氣處理架構需要大幅的重整以使用新儀器所觀測的資料。AIT 之指定代表 UCAR 將修改現行的處理架構以使用這些測站所提供的觀測資料。整合 Net R9 儀器的觀測資料將只侷限於 GPS 衛星的觀測，要在近即時的大氣分析系統中處理 GLONASS 的觀測資料需要大量的工作，此不包括在現行的協議中。

3.3 更新中央氣象局處理系統至新的計算硬體

TECRO 之指定代表中央氣象局正在申請新的硬體設備以支援即時 GPS 資料的分析。AIT 之指定代表 UCAR 將和中央氣象局合作，將現行之處理系統移植到新的硬體設備，電腦的更新將會減少 PW

反演的延遲、允許處理更多的測站，同時也減少因為硬體設備損壞而導致喪失資料處理能力的可能性。處理系統所有的元件將被移轉至新的機器中，中央氣象局網頁展示則仍保留在現行的網頁伺服器中（taccop5g）。

3.4 設計和安裝 PPP 分析策略

AIT 之指定代表 UCAR，將設計和測試 PPP 大氣分析策略，這個系統將和現行只考慮雙差異處理架構的處理系統（逐時、每 2 小時和每日）分開。PPP 將整合由國際 GNSS 服務組織（International GNSS service, IGS）或歐洲軌道測定中心（Center for Orbit Determination in Europe, CODE）提供之精確的衛星軌道和時脈資訊，PPP 策略的好處是可以提供更有效率的計算能力，因而可以允許在低時間延遲、高時間精度下同時分析更多測站觀測。UCAR 將設計和建置以 PPP 方法為基礎之逐時和每日的處理系統。此一 PPP 分析（包括逐時和每日）將以 1 天延遲的形式執行以確保可使用高精度的軌道和時脈資訊。取決於 PPP 方案的精確度和未來即時取得高精度軌道和時脈資訊的可能性，TECRO 之指定代表中央氣象局可以在未來的協議中考慮使用此一分析策略。UCAR 將提供書面報告歸納 PPP 資料產品和現行逐時、每日產品的比較結果。

表 3.1：2013 年提出的工作項目

工作敘述	中央氣象局的工作	UCAR 的工作
中央氣象局 GPS 資料分析	<ul style="list-style-type: none"> 持續收集 GPS 資料 持續提供 GPS 分析所需之地面觀測資料 	<ul style="list-style-type: none"> 持續監測與分析 GPS 資料。 如果必要的話，安裝 Bernese V5.0 所有的軟體更新。 重新向日本國土調查所提出申請，以提供中央氣象局分析系統所需之 GPS 資料。
整合更新中央氣象局測站至分析系統	<ul style="list-style-type: none"> 提供逐時資料檔（rt17 或 rt27 格式）給中央氣象局分析電腦（也就是 taccop6g） 	<ul style="list-style-type: none"> 修改資料輸入系統以使用新的資料格式和測站
更新中央氣象局處理系統至新的計算硬體	<ul style="list-style-type: none"> 申請和安裝 GPS 分析系統的新電腦硬體 提供系統管理支援，包括編譯器、顯示軟體以及內部和外部之網路連線 	<ul style="list-style-type: none"> 移植現行之分析系統至新的電腦硬體，包括處理流程和 Bernese 軟體。
設計和安裝 PPP 分析系統	<ul style="list-style-type: none"> 無 	<ul style="list-style-type: none"> 建置和安裝逐時和每日之 PPP 處理系統，資料產品將不會即時產製。
GPS 分析之技術支援	<ul style="list-style-type: none"> 無 	<ul style="list-style-type: none"> GPS 相關處理程序之監控和備份。 必要時提供中央氣象局人員之技術支援。

以下為工作項目 3 之工作時程和需要的資源

執行期程	
a. 中央氣象局 GPS 資料之監控與分析	01/01/13 – 11/30/13
b. 整合更新之中央氣象局測站至分析系統	01/01/13 – 06/30/13

c. 更新中央氣象局處理系統至新的計算硬體	01/01/13 – 06/30/13
d. 設計和安裝 PPP 分析系統	01/01/13 – 09/30/13
e. GPS 分析之技術支援	01/01/13 – 11/30/13
資源需求	0.15 FTE UCAR 人力
遞交項目	
1. 安裝與建置新的 GPS 資料輸入軟體。	06/30/13
2. 將中央氣象局分析系統安裝至新的電腦硬體	06/30/13
3. 設計和安裝 PPP 分析系統	09/30/13
4. 書面報告歸納 PPP 資料產品和現行逐時、每日產品的比較結果	09/30/13

4. 工作項目 4：支援 UCAR 高解析度陸地資料同化系統 (High-Resolution Land Data Assimilation System; HRLDAS) 的設置與測試

2012 年 HRLDAS 的結果顯示土壤溫度與濕度有偏暖及偏乾的情況，但與臺灣地區土壤觀測相比則顯示 HRLDAS 分析場與觀測相當接近。於 WRF/HRLDAS 模擬中使用這組 HRLDAS 輸出場，則其模擬結果比使用 GFS 作為初始條件時有明顯較暖及較乾的情形。這些偏差可能是來自 HRLDAS 輸入場的問題。TECRO 之指定代表中央氣象局及 AIT 之指定代表 UCAR 完成了替換 HRLDAS 降水及地面太陽輻射等強迫資料之分析及敏感度測試。2013 年工作項目 4 將著重在更新觀測資料及模式資料來改善土壤溫度及濕度的偏差問題。但是並非所有的地面預報偏差問題都來自於初始條件。這個工作項目同樣會著重在 NOAH 土壤模式的參數調整，改善地表偶合的問題。

2013 年間，AIT 之指定代表 UCAR 將繼續提供 TECRO 之指定代表中央氣象局在 HRLDAS 及 WRF 的 NOAH 土壤模式中，進一步的發展、作業與相關測試之協助及技術諮詢。

4.1 持續藉由改善輸入場來改進 HRLDAS 初始條件

現有的 HRLDAS 太陽輻射及降水輸入場並不理想，這個工作項目將會藉由下列方式改善現有的資料組：

- 調整現有的強迫資料（如：藉由 ERA 再分析資料做每月的偏差校正）來最小化強迫資料偏差，此將直接影響 HRLDAS 所產生的土壤初始條件。
- 尋找並發展新的強迫資料組，如：即時 NCEP GFS 輻射預報場及 CMORPH 混合 NCEP 全球網格化雨量筒分析場（於 Domain 1 和 2）。

4.2 調校 NOAH 模式來改善 HRLDAS 及 WRF 預報的效能

使用 HRLDAS 的最終目的是要改善 WRF/HRLDAS 偶合模式的地面偏差。AIT 之指定代表 UCAR 將會協助 TECRO 之指定代表中央氣象局利用中央氣象局標準近地面觀測值，如：2 公尺溫度和濕度、10 公尺風等，評估 WRF/HRLDAS 於個案之表現。根據評估結果，UCAR 將會提供以下建議來改善近地面模式預報：

- 確認需要改善的偏差。
- 比較模式、觀測值及全球模式之地面水及能量場（如：Bowen ratio）。
- 改善 HRLDAS/NOAH 模式之參數（包含植物及土質）。
- 評估模式地面偶合強度以及其如何影響地面偏差的發展。

4.3 MODIS LAI 及反照率產品的轉換及測試

2012 年間測試了使用先前發展的 MODIS FPAR 產品，結果顯示近地面溫度偏差於白天的溫度偏差

有很大的改善。在 2013 年，AIT 之指定代表 UCAR 將會：

- 將先前發展的 MODIS 葉面積指數及反照率氣候資料轉換成 WRF/WPS 格式。
- 測試 MODIS 葉面積指數及反照率氣候資料。
- 提供 TECRO 之指定代表中央氣象局此組資料以及將資料放入預報模式的方法。

4.4 交換訪問

1 位 TECRO 之指定代表中央氣象局之員工將會於 6 月訪問 AIT 之指定代表 UCAR 1 個月。這位員工將會進行改善 HRLDAS 及 WRF 偏差問題（與工作項目 4.1 及 4.2 相同），並持續學習 HRLDAS 及 WRF 之近地面過程。

下列為工作項目 4 之時程表及資源需求：

執行期程	
a. HRLDAS 強迫資料的改善	01/01/13 – 11/30/13
b. HRLDAS 及 WRF 中 NOAH 土壤模式的調校	01/01/13 – 11/30/13
c. 轉換及測試 MODIS 葉面積指數及反照率	01/01/13 – 11/30/13
d. 交換訪問	06/01/13 – 06/30/13
資源需求	0.20 FTE UCAR 人力
遞交項目	
1. 更新工作項目 4.1 中發展之 HRLDAS 強迫資料輸入場	11/30/13
2. 更新工作項目 4.2 中發展之 HRLDAS/NOAH 模式之程式碼及參數調整	11/30/13
3. 工作項目 4.3 之 MODIS 葉面積指數及反照率資料組，以及轉換之軟體	11/30/13
4. HRLDAS 工作項目之期末報告	11/30/13

5. 工作項目 5：WRF 模式作業效能之改進

在 2012 年期間，AIT 之指派代表 UCAR，和 TECRO 之指派代表中央氣象局協力合作研究中央氣象局之 WRF 模式表現並改進作業效能。高解析度網格之臺灣降水預報表現已發現對 WRF 模式初始條件相當敏感；而海洋對流的議題也著手進行研究，並進行新淺對流方法之測試。在 2013 年，UCAR 和中央氣象局將藉由測試新的參數法和改進現有之參數法以更加增進 WRF 模式於臺灣地域之預報表現。此外，UCAR 亦會提供中央氣象局之 WRF 作業系統相關之諮詢與建議，以及中央氣象局到訪同仁之協助。

5.1 研究 WRF 模式中溼對流預報之物理過程

AIT 之指派代表 UCAR 和 TECRO 之指派代表中央氣象局正著手研究和改進 WRF 模式中特別對流天氣的的物理過程。由於許多因素，預報臺灣地域的對流系統是個相當困難的問題，偶然發生之作業模式預報失準印證了此事實。中央氣象局已注意到 WRF 模式在預報降水時有明顯偏差，其發生原因值得更進一步研究。UCAR 將會進行所有相關之 WRF 物理參數法程式之編修及測試，一旦證明其為有效，將其提供給中央氣象局使用。此外，UCAR 亦會提供中央氣象局相關人員關於 WRF 模式物理問題必要之協助與指導。

5.1.1 研究改進 5 公里網格之臺灣降水預報

WRF 模式於 5 公里網格在臺灣之降水預報時常產生正偏差，特別是在中央山脈。2012 年期間，UCAR 藉由個案研究發現 WRF 模式初始條件是造成過多降水的原因，然而並非所有的降水偏差皆可以此來解釋。AIT 之指派代表 UCAR 將進行 12 小時至 36 小時預報降水過多之個案實驗，這些實驗將會排除初始條件之影響，進一步指出偏差原因並發展可能之解決方案。

5.1.2 測試改進 WRF 淺對流參數法

2012 年期間，AIT 之指派代表 UCAR 對兩個淺對流方法（NSAS 和 YSU）進行評估，但兩者皆仍有問題存在：NSAS 淺對流方法無法有效運作，而 YSU 則有編譯相關之議題。UCAR 在 2013 年將會持續解決此議題，並提供測試評估之結果給 TECRO 指派代表中央氣象局，UCAR 亦將提供上述兩個可運行之淺對流方法給中央氣象局。

AIT 之指派代表 UCAR 將會協助 TECRO 之指派代表中央氣象局於 WRF 模式置入一個不同的淺對流方法，此方法是由李瑞麟博士開發且目前運用於中央氣象局全球模式。

5.1.3 測試改進 WRF 輻射參數法

2012 年期間，經由測試個案發現 WRF 地面太陽輻射存在顯著偏差，藉由在輻射參數法中加入氣溶膠效應以及較好的臭氧分佈可能可以減少此一偏差。WRF 模式中新的 RRTMG 輻射選項（http://rtweb.aer.com/rrtm_frame.html）提供了結合這些大氣要素的框架。AIT 之指派代表 UCAR 在 UCAR 其他發展計畫的支援下，遞交新版 RRTMG 予 TECRO 之指派代表中央氣象局，包含緯度和時間相關之臭氧及隨經緯度和時間變化之氣溶膠氣候值。2013 年 UCAR 會持續對此進行測試研究。

5.2 提供中央氣象局 WRF 作業模式諮詢與建議

AIT 之指派代表 UCAR 將提供 TECRO 之指派代表中央氣象局關於 WRF 作業模式所需之諮詢與建議。此項任務包含研究探討中央氣象局所發現 WRF 現有問題及提供中央氣象局有關模式執行面向之諮詢。UCAR 成員將會協助中央氣象局到訪人員之 WRF 研究。UCAR 也會與中央氣象局合作維護與支援 WRF 專用之作業電腦編譯器選項，並提供這些選項給 WRF 模式社群使用。

以下為工作項目 5 之時程摘要與資源需求：

執行期程

a. 研究 WRF 模式中溼對流預報之物理過程	1/01/13 – 11/30/13
b. 提供中央氣象局 WRF 作業模式諮詢與建議	1/01/13 – 11/30/13

資源需求	0.4 FTE UCAR 人力
------	-----------------

遞交項目

1. WRF 地形降水預報之報告	11/30/13
2. 兩種淺對流參數法之 WRF 程式碼	11/30/13
3. WRF 淺對流方法表現之報告	11/30/13
4. RRTMG 於 WRF 表現之報告	11/30/13
5. 檢驗和支援 WRF 模式中的 CWB 作業電腦編譯選項並提供給 WRF 社群	11/30/13

6. 工作項目 6：於臺灣地區使用 WRFVAR 進行雷達資料同化

AIT 指派代表 UCAR 將選取凡那比颱風進行個案研究，藉以展示 WRFVAR 之雷達資料同化功能，並證明其改善豪大雨預報之能力。測試包含 WRF 3D-Var 及 4D-Var 的雷達資料同化，並分別和無雷達資料同化之實驗比較。與雷達資料同化相關之特定項目如下：

6.1 凡那比颱風之雷達資料品質控管

UCAR 將執行 VDRAS 藉以完成 3D-Var 及 4D-Var 雷達資料同化實驗所需之凡那比颱風雷達資料品質控管。UCAR 將協助中央氣象局訪客評估中央氣象局 QPESUMS 的品質控管演算法，並和 VDRAS 結果比較。

6.2 使用 WRFVAR 進行凡那比颱風之雷達資料同化實驗

UCAR 將使用最新發展之回波同化方法，針對 3 個不同初始時間的個案、在中央氣象局作業之 5 公里解析度模式範圍，進行 3D-Var 雷達資料同化實驗，每個實驗必須提供 0 到 24 小時預報。同樣的實驗必須於 4D-Var 及無雷達資料同化的情況下重複施作。預報結果將對中央氣象局提供的 QPE 資料進行校驗，藉以評估使用 3D-Var 及 4D-Var 雷達資料同化的效益。

6.3 提供訓練及諮詢予氣象局同仁

UCAR 將提供氣象局訪問同仁有關 VDRAS 雷達資料品質控管流程及 WRF 3/4DVar 雷達資料同化之訓練及諮詢。

以下為工作項目 6 之工作時程安排與資源需求

執行期程	
a. 雷達資料品質控管	01/01/13 – 11/30/13
b. 凡那比颱風雷達資料同化個案研究	01/01/13 – 11/30/13
c. 訓練及諮詢	01/01/13 – 11/30/13
資源需求	0.22 FTE UCAR 人力
遞交項目	
1. 品質控管評估結果和資料同化個案研究報告	11/30/13
2. 個案研究所使用之 3D-Var 及 4D-Var 程式碼	06/01/13

7. 工作項目 7：計畫管理與協調

由於 2013 年所提出之各項工作需要 AIT 指派代表 UCAR，和 TECRO 指派代表中央氣象局，雙方更緊密的協調，有關各項工作進展之即時資訊交換尤為重要。此可透由計畫相關的網頁或是利用「ftp」指令即時更新以達到有效的溝通。UCAR 和中央氣象局人員互訪也是必要的。此外，UCAR 必須每月遞交工作報告，以讓中央氣象局知道工作的進展，同時每月進行計畫管理會議，以協調各項工作進度並確保順利執行。以下為本項工作之細節。

7.1 UCAR 和中央氣象局雙方持續更新與改善計畫網頁

藉由 UCAR 和中央氣象局的網站，報告、演講以及軟體等都容易藉以更新與交換。在 2013 年，AIT 之指定代表 UCAR 將持續維運、改善與即時更新此一網頁，以使 TECRO 之指定代表中央氣象局能知道各項工作發展的現況。

7.2 訪問氣象局

為確保計畫能順利執行，AIT 之指定代表 UCAR，訪問 TECRO 之指定代表中央氣象局是必要的。這樣的訪問對於解決技術問題和計畫執行進度的掌握具有很大的幫助。Hui Liu, Jim Bresch, Wei Wang, Jenny Sun, Craig Schwartz, Hans Huang, Zhiquan Liu, Xin Zhang 和 Yong-Run Guo 可能訪問氣象局 1 至 2 週，其他 UCAR 成員，包括 Dr. Bill Kuo，在必要情形下也將訪問中央氣象局。同時也期待中央氣象局資深成員，包括馮欽賜、洪景山和陳得松博士等，能在秋季訪問 UCAR，以進行計畫審查與明年計畫之初步規劃。

7.3 遠端電訊會議

為確保本計畫能順利執行，將定期舉辦雙方之電訊會議。這些電訊會議將特別著重在雙方感興趣之特定議題。電訊會議可以由 AIT 之指定代表 UCAR 或 TECRO 之指定代表中央氣象局於必要時召集。

7.4 每月工作報告與工作討論

每月工作報告將提供給 TECRO 之指定代表中央氣象局，以說明計畫的完成度。報告將維持簡短，以避免占用投入研發的人力。此外，AIT 之指定代表 UCAR，將會提供 WRF 使用者研討會之摘要給中央氣象局。

7.5 計畫管理支援

UCAR COSMIC 計畫辦公室將提供本計畫之行政管理支援，包括：

- 計畫經費、成員工時和相關花費之控管。
- 安排 AIT 之指定代表 UCAR 和 TECRO 之指定代表中央氣象局之人員互訪事宜與填報相關文件作業等。
- 協助每月工作會議。
- 協助計畫報告與遞交項目之準備。
- 中央氣象局訪問人員之行政支援（例如健康保險和簽證文書作業）。

以下為工作項目 7 之工作時程安排與資源需求

執行期程	
a. 更新與維運中央氣象局和 UCAR 之計畫網頁	1/01/13 – 11/30/13
b. 到中央氣象局訪問	1/01/13 – 11/30/13
c. 經由 Skype 進行視訊會議	1/01/13 – 11/30/13
資源需求	0.1 FTE UCAR 科學人力 0.12 FTE UCAR 行政人力
遞交項目	
1. 更新計畫網頁	11/30/13
2. 到中央氣象局訪問	11/30/13
3. 提供每月工作報告給中央氣象局	03/01/13 - 10/01/13
4. WRF 研討會之摘要報告	09/30/13

II. 經費

以下為 IA#10A 之經費估算

工作項目	人力	人力費用	差旅和訓練	合計
工作項目#1	1.10	\$230,000	\$10,000	\$ 240,000
工作項目#2	0.40	\$60,000	\$10,000	\$ 70,000
工作項目#3	0.15	\$28,000		\$ 28,000
工作項目#4	0.20	\$49,000	\$10,000	\$ 59,000
工作項目#5	0.40	\$88,000	\$10,000	\$ 98,000
工作項目#6	0.22	\$55,000	\$10,000	\$ 65,000
工作項目#7	0.22	\$45,000	\$35,000	\$80,000
合計	2.69	\$555,000	\$85,000	\$ 640,000

以上經費之人力費用是用來支援 AIT 之指定代表 UCAR，執行工作說明書之工作項目。上表包括收入和日常費用，在各個工作項目之差旅和訓練費用包括到 TECRO 之指定代表中央氣象局，訪問之經費以及中央氣象局訪問人員之訓練費用。UCAR 提出的旅費包括一些必要的經費。就如同 IA#10A 之工作說明書所述，由中央氣象局支援此任務之經費，包括旅費、會議等總額約 US\$640,000。詳細的經費安排如 IA#10 第四部份之「經費規定」所描述。

III. 中央氣象局團隊在 UCAR 之任務分配

為了要成功執行這個中央氣象局-UCAR 計畫，TECRO 之指派代表中央氣象局與 AIT 之指派代表 UCAR 之間的強力合作是必要的。由 UCAR 科學家執行的工作已經在工作說明書中詳述，中央氣象局同仁將在多項工作上與 UCAR 科學家合作。部份工作將在臺北的中央氣象局完成，而部份工作將由出差至 UCAR 工作之中央氣象局同仁執行。特定的工作分配將會使可用之人力資源運用更有效率。