

物聯網與金融發展：資料化與狀態依賴契約 重寫銀行、個人金融與保險的機制與治理

王光賢

摘要

本文以物聯網（IoT）作為「資料化的實物網絡」與「可組態的契約基礎設施」展開，闡明其對金融發展的結構性效應：連續、高頻且可稽核的遙測訊號降低資訊摩擦，促使銀行徵信由一次性文件審查轉為狀態依賴的連續定價，並以動態抵押與事件觸發機制強化貸後治理；在個人金融，VTM 與可穿戴／車載裝置使服務遠距化與情境化，形成「個人金融數位孿生」以支援預算控管、詐欺防制與即時授信；於保險端，穿戴式健康與車聯網資料將保費決定轉為行為本位、可即時調整之契約，同時提升反詐效率，但亦引出責任分配、隱私與公平定價等治理命題。本文據此提出「技術—契約—監理」三層並進的路徑：以端到端可信與模型治理確保資料可用與可解釋，輔以費率護欄與參與式監理維持共濟性，並建議以準實驗與合成控制辨識 IoT 滲透對效率、穩定與包容的因果效應。

一、物聯網、資料化與金融深化：理論基礎與機制架構

作為支撐萬物皆可連網之時代基礎設施，物聯網（Internet of Things, IoT）已由早期對未來智慧社會的想像，演變為具有清晰技術邏輯與經濟意涵的研究對象。自 1990 年代中期之後，連網能力與計算能力的快速擴張使得物件入網並可相互溝通成為可操作的工程命題；至 2005 年國際電信聯盟正式提出物

*王光賢現任銘傳大學金融科技應用學系副教授。

聯網概念後，其生態逐步成熟，裝置層、傳輸層與平台層的互補創新形成持續擴張的結構性趨勢。近年的機器對機器（Machine to machine, M2M）連結與各垂直領域的應用規模呈現持續上升，說明物聯網已不僅是單一產業，而是成為滲透多部門的一般用途技術（general-purpose technology），其外部性與溢出效果將深刻影響金融部門之功能與邊界。

從技術範疇而言，物聯網的意義不在於單一裝置的聰明核心，而在於網路與物件之間互為條件的耦合關係，亦即網路提供可擴展、低延遲且具安全性的連接服務，物件則以感測器與嵌入式系統將物理世界離散化為可被計算的資料流。於是，「感測—連結—計算—回饋」三者構成一個閉環，使物件不僅能蒐集與交換訊息，亦能在分散邊緣做出賦能式決策。此一資料化與回饋化的機制，使得物聯網與雲端運算、行動通訊、AI 等形成互補群聚，進一步擴張其對經濟組織與市場治理的影響。

概念上，物聯網亦可延伸為萬物聯網（Internet of Everything, IOE）與人工智慧物聯網（Artificial Intelligence of Things, AIoT），以及製造與供應鏈層面的工業物聯網（Industrial Internet of Things, IIoT）。此一譜系說明：連網之意義不僅是連結更多的「物」，而是將人、流程與資料的關係重新編碼，透過情境感知與即時互動，塑造新的協作與控制架構。於是，資料不再只是交易的副產品，而是可被度量、可估計並進入資本化過程的核心要素；對金融發展而言，這等於在資源配置與風險分散層面引入了更高頻率、更高維度且更貼近實物狀態的訊號。

在金融發展脈絡下，物聯網透過數條機制性管道作用。其一，資訊摩擦的下降：連網資產可持續暴露其使用、位置與維護狀態，降低逆向選擇與道德風險，支持以資料為本的風險鑑價、動態抵押與供應鏈金融；其二，營運效率的提升：連網終端與感測網絡使支付、清算與庫存管理的自動化與可稽核性大幅提高，促進金融基礎設施之擴容與成本下降；其三，產品創新與普惠性：以使用為基礎的保險（usage-based insurance）、嵌入式金融與情境信用評分，皆源自於IoT所提供的連續性行為資料；其四，風險治理的新議題：在擴張可觀測性的同時，資安、隱私與演算法偏誤成為金融穩定與監理科

技需要內生化的系統風險來源。換言之，物聯網既是金融深化的推手，也是金融韌性需要回應的挑戰。

換言之，可以將物聯網視為以資料化的實物資產為節點，結合以可組態的網路契約為邊界的經濟網絡。此網絡一方面透過降低資訊不對稱與交易成本來擴張金融中介的有效邊界，另一方面又因新型外部性而要求制度設計與監理架構的再調適。後續研究可在此基礎上，分別就生產率外溢、風險定價精準度、金融包容與市場結構動態等面向提出可檢證的命題，並以跨部門資料（連網裝置滲透率、感測資料密度、金融滲透與效率指標等）建構多階段的計量模型，評估物聯網擴散對金融發展之因果效果與條件依賴性。這不僅有助於釐清技術擴散與金融深化之間的機制鏈條，也為數位經濟治理提供可操作的政策含義。

二、物聯網分層架構與金融資料化

物聯網的技術體系可被刻畫為自下而上的三層結構：感知層、網路層與應用層。此一分層不僅是工程上的模組化安排，更界定了資料生成、傳輸與賦值的序列邏輯，進而構成「實體世界—資料世界—契約世界」之間的映射關係。於感知層，感測器與嵌入式裝置將溫度、濕度、位置、震動等物理條件轉化為可計算的訊號；RFID 與其無線射頻讀寫機制則在無須主動供電的條件下，賦予物件以被動可識別與可追蹤的特性。此一「離散化—標記化—時間戳化」的過程，使資產的使用狀態、維護需求與風險暴露得以被連續觀測，形成後續風險評價與動態契約之基礎。

位於中介位置的網路層，負責在空間與時間上維持資料流的連續性與可用性。例如藍牙、Wi-Fi、NFC 與行動通訊等異質協定在頻寬、能耗、距離與延遲上各具優劣，因而決定了資料彙聚的拓撲結構與即時性邊界。從金融經濟學的角度觀之，網路層的可用頻寬與端到端延遲等品質指標，事實上構成資訊摩擦的工程性代理變數：它們影響可觀測訊號的密度與新鮮度，據以改變風險模型的似然函數與定價核的穩健性；同時，通訊協定對安全性的原生支持（如認證與加密）則關聯到帳務系統與監理科技在可稽核性與不可

抵賴性上的制度要求。

應用層是資料被賦予經濟功能之處，亦是技術外部性轉化為治理機制與市場契約的場域。當感知層產生的遙測資料經由網路層可靠抵達後，智慧交通、智慧醫療乃至物聯網金融等場景得以落地，即可使用為基礎的保險將行為訊號內生於承保與理賠流程；供應鏈金融以 RFID 與感測器確保動產抵押的可驗證存在與動態估值；NFC 與行動通訊支撐的近距支付與情境授信，則把金融服務嵌入日常交易節點。換言之，三層架構構成一條自物理世界到合約世界的資料化管線，使即時、可驗證與可稽核的訊號成為金融配置與風險治理的生產要素。

三、物聯網驅動的銀行中介轉型 ：從文件審核到狀態依賴金融

在金融的傳統框架中，如圖 1 所示，銀行對放款風險的評估主要依賴當下可得之靜態文件，包括財務報表、信用紀錄與票據往來等，再以此進行徵信、核貸與授信額度配置。此一以事後文件為核心的資訊架構，先天存在兩項侷限：其一，觀測頻率低且具延遲性，難以捕捉企業營運之真實狀態與波動，導致模型估計的偏誤累積與風險增高；其二，監督成本昂貴且不可連續，使得違約機制多半倚賴事後揭露與財務條款，因而在實務上形成過度保守的配額型配給或對文件過度信賴的盲貸兩種極端。

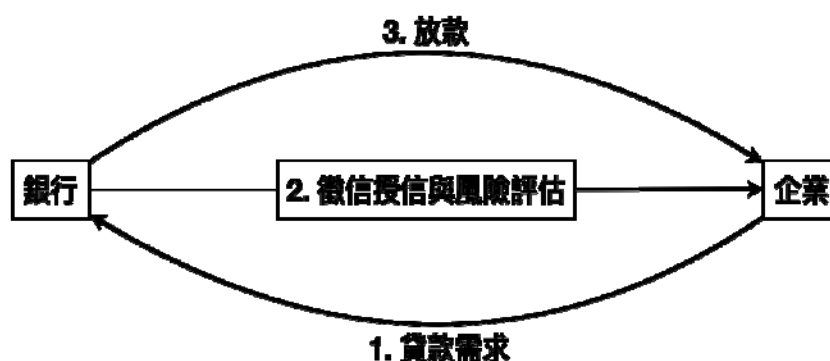


圖 1、傳統金融架構

物聯網的引入，將企業營運的設備、庫存、物流節點與場域環境等關鍵資產，轉化為可持續串流之遙測資料，銀行得以由人對人的文件式審查，擴展為物對人的行為式驗證。感測器與 RFID 所形成之可驗證存在與可追蹤軌跡，讓庫存質押、動產抵押與設備融資的監理物件得以被連續觀察；再經由通訊協定與平台的彙整，銀行可建構貼近實物流的數位孿生（digital twin），以事件觸發（event-triggered）的方式更新風險暴露與授信邊界。因此，授信從一次性核貸轉向狀態依賴（state-contingent）與連續校準，其額度與利差可隨產線稼動率、庫存週轉或冷鏈完整性之即時指標自動調整，動態抵押（dynamic collateral）得以真正執行，金融契約因此更接近企業的真实生產函數。

從機制上觀之，物聯網提升可觀測性，降低資訊不對稱所誘發的逆向選擇與道德風險，並在監督成本下降的條件下擴大可貸邊際與縮小風險溢酬。於中小企業與長供應鏈場景，IoT 使庫存融資、倉單融資與應收帳款融資能以「實物流—資訊流—金流」三流對帳的方式運作，銀行不僅能即時掌握質押物數量與品質，亦可在供應鏈網絡層級進行風險分散與資金迴圈配置，從而將傳統以企業為單位的授信，升格為以產業節點與網絡結構為單位的資源調度。此種由文件驅動轉為資料流驅動的中介模式，標誌著銀行功能由被動核貸者轉向主動之產業協調者，其金融深化效果表現在放款覆蓋率提升、資本占用效率改善與不良率波動的收斂。

然而，資料連續化亦帶來治理與穩定性的新命題。IoT 資料之真實性、完整性與時效性需藉由密鑰管理、邊緣簽章與可稽核日誌加以保證；演算法定價與動態契約設計須遵循模型風險管理與公平信貸原則；跨域資料使用則應置於同意與目的限制之框架中，並與監理科技共同演進。唯有在效率與韌性、創新與合規之間取得新均衡，物聯網方能成為銀行中介升級及產業金融再配置的穩健引擎。

四、物聯網在企業金融中的應用

在物聯網滲透價值鏈各節點之後，銀行的資訊生產函數由低頻率、文件主導的一次性觀測轉化為高頻率、行為主導的連續觀測。這一轉換不僅是技術升級，更改寫了授信決策的理論基礎與治理邏輯，風險評估可由事後驗證轉為事中校準，契約由固定條款轉為狀態依賴，監管由人治式抽查轉為可稽核的資料治理。以下分別就智慧化的信用評估與智慧化的動產質押監管兩類在企業金融上的應用，深入論述其技術與經濟機制、系統架構、模型銜接與制度設計。

(一)智慧化的信用評估：由靜態徵信轉向狀態依賴的連續定價

智慧化徵信的核心在於把企業的實體營運狀態嵌入信用風險模型，使得違約機率、違約損失率與曝險額度可隨營運訊號動態更新，其運作如圖 2 所示。實務上，感測器、RFID 與邊緣運算構成的感知層，把庫存數量、在製品流轉、設備稼動、冷鏈完整性、出入庫時間戳、地理位置信息等轉譯為高頻率且可稽核的遙測流（telemetry）。這些訊號經由通訊層（如行動網路、LoRa、Wi-Fi、NFC）匯入雲邊協同的平台層，完成資料清洗、特徵工程與異常偵測，最終進入風險引擎與授信決策模組。從風險建模角度，IoT 資料以兩種方式進入信用評分：其一，作為企業營運強度與波動度的代理變數，進入傳統邏輯迴歸、梯度提升或深度學習模型中，直接影響 PD 估計；其二，作為狀態轉移（rating migration）的觸發訊號，與馬可夫鏈或隱馬可夫模型結合，提升點時評等的敏感度與遷移矩陣的即時性。當 PD 的點時估計得到強化，ECL（預期信用損失）與 Basel 資本要求的點時化（point-in-time）計量亦隨之更精確，進而降低資本配置的保守度與錯價。

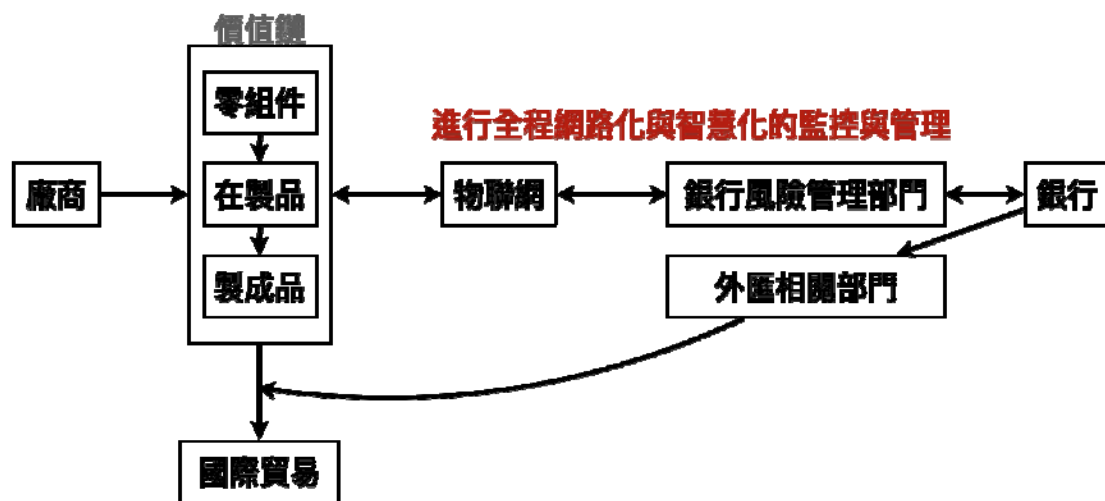


圖 2、智慧化的信用評估架構

為使資料化的實物流真正轉化為可執行的契約，銀行需要把即時評分與授信條件做閉環耦合，即將額度、利差、抵押比率與契約約束設計為明確的狀態函數。舉例而言，對製造型中小企業可設定：當產線稼動率與良率落在歷史分位數 60 以上且庫存週轉天數下降時，自動上調循環額度與下調利差；反之，當稼動率跌破分位數 20 且出貨延遲頻繁時，系統觸發額度回收與利差上調。此種設計將授信決策從一次性核准改造成事件驅動的連續調整，以可預期的規則內生化貸後治理，並降低對人工稽核與主觀判斷的依賴。

在模型工程上，IoT 信號為高頻率非結構化資料，需先完成可解釋的特徵管道。可操作的做法包括：以滑動視窗計算稼動率的均值—變異—偏態—尖度，抽取週期性（Fourier/小波）與突變點；以庫存進出資料構建存貨老化分佈、SKU 集中度（Herfindahl 指數）與死庫比；以物流軌跡估計履約準時率與路徑異常稠密度（graph-based outlier）。這些特徵既可提升模型擬合力，也便於對授信客戶進行可解釋性溝通與監管審視。此外，IoT 資料可與傳統財務變數以層級式貝葉斯或動態因子模型整合，區分出企業特定即時風險與總體景氣因子的貢獻，避免把總體波動誤判為個體退化。

治理層面上，智慧化徵信需要一套端到端的資料可信機制：裝置真偽

與計量可追溯（secure element 與遠端度量 attestation）、資料完整性與時間戳（簽章與雜湊鏈）、跨域權限與目的限制（資料最小化、可撤回同意）、模型風險管理（特徵漂移監控、穩健性壓力測試、反事實公平性檢驗）。當資料—模型—契約三者被制度化地綁定，IoT 才能實質降低資訊不對稱與監督成本，而非引入新的系統風險。

從研究設計看，評估 IoT 徵信對金融發展的因果效果，可利用採用時點錯落的差異中之差（staggered DiD），以產線可連網比率、感測密度或行動網路涵蓋作為處置強度，檢視對放款覆蓋率、利差、違約率與 ECL 的影響；亦可用區域型 NB-IoT/5G 基站佈建作為工具變數，緩解內生性。更細者，可進行事件研究以估計 IoT 事件觸發對額度調整與價格反應的即時效應，或以存活分析衡量違約到達時間在 IoT 資訊下的危險率變動。

(二)智慧化的動產質押監管：由難以監督的抵押品到可驗證存在與動態抵押

動產融資的難題歷來在於可見不可監，即便設定抵押，銀行仍難以持續驗證標的之存在、位置與完好性，因而傾向給予高折價或避免承作。物聯網為此提供連續化、證據化的解決方案：在車輛、工程機械、倉儲托盤、冷鏈箱體、製程設備等標的上嵌入感測與通訊模組，結合地理圍欄、啟封偵測、震動與溫度監測，即可形成可驗證存在（verifiable presence）—可驗證完整性（verifiable integrity）—可驗證使用（verifiable usage）的三位一體監管框架。資料經過邊緣簽章與時間戳處理後，流入銀行的抵押監管平台，與資產登記、保險保單與倉單系統進行三方對帳；當偵測到越界、拆封、過度使用或環境條件異常時，系統自動觸發預警與契約行為（例如凍結額度、要求補提保證金、啟動保險索賠或遠端鎖定功能）。

在定價與資本管理上，IoT 讓抵押品的髮夾（haircut）可以由經驗常數改為狀態函數。以車輛融資為例，里程累積、載重模式、保養節奏與事故偵測可餵入殘值模型，使 LGD 與回收率不再使用靜態折舊表，而是由實際磨損與市場流動性共同決定；於工程機械與製程設備，稼動工況與停機時間可校準現金流貼現與殘值分布，支援以用養貸的動態抵押。對倉單與倉儲融資，RFID 與重量感測能夠即時對帳庫存數量與批次，結合出入口相

機與裝卸震動譜，降低偷換、混貨與空轉風險。這些做法不僅降低銀行對特殊人員與人治催收的依賴，也使貸後治理具備可稽核的證據鏈，從而強化契約的可執行性與司法救濟效率。

制度設計上，智慧動產監管需處理三類風險。第一，裝置與資料的安全性：應以硬體根信任與防拆封設計，配合密鑰生命周期管理與遙測簽章，避免重放攻擊與資料偽造。第二，運營連續性：對於跨境供應鏈或偏遠場景，必須規劃離線緩衝、雙鏈路通訊與本地快取，確保在網路中斷時仍可保持最低監管功能。第三，倫理與合規：位置與使用資料牽涉個資與商業機密，需建置目的限制、差分隱私或加密計算等機制，並明確界定資料的可轉用範圍與保存週期，避免功能漂移導致不當監控或差別對待。

在研究層面，評估智慧動產監管對風險—報酬的淨效應，可採用合成控制分析分行或產品線導入前後之 NPL、回收率與髮夾率變動；亦可於單筆貸款層級建構結構化的動態 LGD 模型，檢視 IoT 觸發事件對回收分布尾部風險的影響。此外，可探討保險—銀行—供應鏈三方資料的協同效應，例如當保險將使用行為內生於保費，銀行的道德風險下降是否足以反映在利差與資本要求的同步下降？此處可形成跨市場的一致性檢證。

五、物聯網在個人金融之應用 ：遠距服務、情境化分析與資料治理

在個人金融領域，物聯網的價值首先體現在服務供給面的遠距化與延時化。銀行將傳統自助機台升級為具視訊、掃描與雲端連結能力的虛擬/視頻櫃員機（Virtual/Video Teller Machine, VTM），使身份辨識、開戶、文件補件與基本理財諮詢等流程可以在非營業時段與偏遠地區完成。其運作邏輯是將前台的人員互動透過視訊與多模態感測（攝像頭、人臉或活體偵測、文件 OCR 與防偽掃描、NFC/晶片讀取）數位化，並由後端流程自動串接 KYC/AML 名單、授權與稽核。同時，裝置端的遙測訊號（地理位置、機台健康度、異常操作模式）回饋至營運監控系統，可即時調整風險閾值與啟動人工覆核。相

較於單純 ATM，VTM 將關係密集的流程模組化並外部化到裝置端，達到營運覆蓋率上升與單位交易成本下降的雙重效果，亦在普惠金融上拓展了跨區服務的可近性。

供需兩端以資料流連結後，個人金融邁向情境化與前瞻性的決策支援。使用者在手機、可穿戴裝置、車載系統與智慧家居中的數位行為（例如地點變換、活動型態、支付與消費節律）在適法授權下形成高頻率訊號，銀行得以運用雲端與邊緣協同運算建立個人層級的金融數位孿生。行為向量經特徵工程後輸入預測模型，用以辨識收入、支出與負債的週期性與壓力點，進而提供預算控制、循環額度調整、分期建議與目標儲蓄自動化（例如以「事件觸發」將零頭存入指定帳戶）。更進一步地，將情境資料與開放銀行交易資料整合，可發展具可解釋性的風險早期預警：當異常地理路徑、深夜高風險商戶刷卡與裝置指紋變動同時出現，系統自動降低授權限額或改為強驗證流程，兼顧使用者體驗與詐欺控管。

IoT 也使個人金融的產品設計由靜態契約轉為狀態依賴契約。在信用卡與個人信貸上，可依據消費波動、收入入帳頻率與行為穩定度動態調整額度與利差；在保險—銀行整合場景中，可穿戴裝置回傳的活動量與睡眠品質可用於健康儲蓄獎勵與保費回饋，銀行端則據以提高長期儲蓄產品的誘因或給予房貸利率折減。這種即時化、證據化的契約語言，使「個人財務管理(PFM)」從事後記帳轉為事中引導與行為助推（nudging），並將理財教育內嵌於日常互動。

上述能力必須建立在嚴謹的資料治理之上。裝置端需具備硬體根信任與活體偵測，確保身分與交易的不可否認性；資料傳輸與儲存應採端對端加密、時間戳與不可竄改日誌；模型治理面向則包括特徵漂移監測、壓力測試與公平性/差別影響檢核，避免因情境資料而產生不當歧視。為降低隱私風險與計算成本，可採邊緣推論與聯邦學習，在不回傳原始個資的前提下完成局部訓練與聚合；同時以目的限制、資料最小化與可撤回同意機制界定使用邊界，確保使用者主體性。對監理而言，將 VTM 與情境分析流程納入科技風險管理與外包治理框架，結合 RegTech 的即時稽核與模型登錄，方能在創新與合

規間取得穩健平衡。

評估 IoT 於個人金融的發展效果，可採多層次研究設計：一方面以分支/區域層級的差異中之差（VTM 上線時點錯落）估計對開戶率、交易遷移、客服量與營運成本的影響；另一方面以個體層級的事件研究與存活分析，檢視情境化風險控制對詐欺率、爭議交易率與授權延遲的因果效應。若再納入福利分析，則可量化在金融可近性提升與隱私風險之間的邊際替代關係，為銀行與監理機關提供政策與投資決策的實證基礎。總體而言，物聯網將個人金融從管道數位化演變到狀態數位化，透過遠距服務、情境分析與嚴謹治理，構築既高效率又具韌性的以人為本金融生態。

六、物聯網在保險之應用

保險經濟學長期面臨資訊不對稱、道德風險與反向選擇三項結構性瓶頸。物聯網在感測、通訊與雲端運算三端的融合，使被保標的與被保人行為被連續觀測與可稽核化，進而把風險從事後推估改寫為事中量測。在這種資料化條件下，費率決定不再僅依賴粗粒度的人口統計或歷史索賠，而能引入狀態依賴契約：當觀測到的風險暴露下降時即時給予費率折減與回饋，反之則提高自負額或觸發額外的風險管制。此舉同時改變了投保—理賠—防損的序列順序：防損與風險管理前置到承保與保單存續期內，將激勵相容性嵌入日常行為之中，從根本上緩解道德風險；而高頻率行為訊號也提升了風險分類的可分辨性，縮小了因觀測不全導致的逆選擇空間。以下將利用兩個案例進行說明。

第一個案例聚焦於穿戴式裝置與個人健康保險的結合，其運作流程如圖 3 所示。以可穿戴計步器或智慧手環為資料入口，投保人透過保險公司 App 設定步數、運動或睡眠品質等可度量目標，達標時獲得即時性的禮券回饋或保費折扣；未達標則僅享有基礎保障而不獲額外獎勵。此一設計在經濟機制上同時處理了三個問題：其一，透過高頻率、自報不易操弄的生理—行為訊號降低資訊不對稱，承保定價不再依賴自陳健康與零散的體檢報告；其二，將回饋與保費調整綁定於達標事件，把「健康投入—理賠機率」的因果鏈條

內生化到契約中，藉由連續小誘因（微獎勵）降低道德風險；其三，藉由目標設定與狀態依賴折減把高風險者的邊際改善轉化為可見收益，弱化了僅健康者自選加入的逆選擇。從工程到精算的資料管線，需完成裝置活體與真偽驗證、時間戳與簽章、特徵工程（活動量、心率變異、睡眠效率）、風險映射（將行為分數轉譯為預期理賠下降）以及費率函數設計（例如以分段線性或對數費率對應於行為分位數）。行為科學層面，目標分段與回饋頻率決定了黏著度與長期維持效果；監理治理層面，必須以目的限制、資料最小化與可撤回同意保障被保人的資料主體性，並以模型公平性檢核避免因裝置使用差異對年齡、性別或所得群體造成系統性不利。成效評估可採「鼓勵設計—工具變數」或分群隨機化，量化運動達標對理賠頻率、平均理賠金與綜合核賠率（loss ratio）的因果影響。

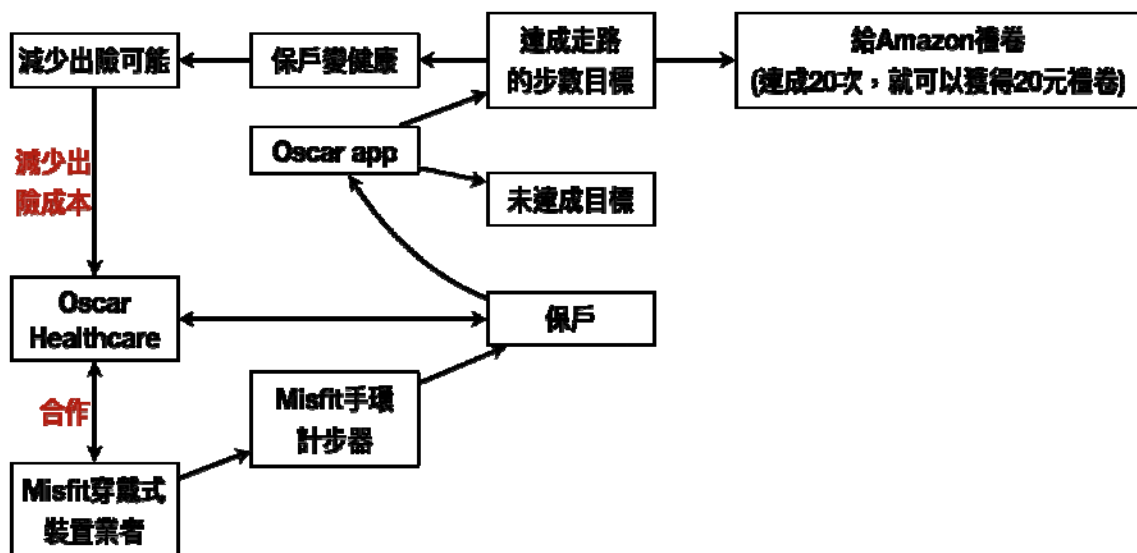


圖 3、個人健康保險結合穿戴式裝置

第二個案例為車聯網與汽車保險（Usage-Based Insurance, UBI/telematics）」，其架構如圖 4 所示。車載診斷介面（OBD-II/CAN bus）、GPS 與加速度計提供行車速度、急煞急加、轉彎側向加速度、夜間駕駛時段、行駛里程與路況等訊號，經由 4G/5G 上傳雲端。保險公司以這些特徵建構駕駛風格指數與路徑風險熱點，依據分位數或叢集結果將被保人分為高、低風險群，並以狀態依賴費率或回饋金反映風險水平。與傳統里程或車齡定價相

比，這種行為本位的承保可在不提高平均保費的條件下達成更佳的風險匹配，典型結果是高風險群的純保費上升、低風險群下降，總體損失率收斂。更進一步，IoT 資料支援反詐偵測：透過加速度—方向盤角—氣囊觸發序列與影像/地理交叉比對，可識別疑似自撞或人為設局案件；理賠流程亦可依據事故嚴重度自動分流到快速理賠或人工複核。治理上，需以硬體防拆、遠端度量與密鑰管理確保裝置可信，並規畫離線緩衝與雙鏈路通訊因應斷線場景；隱私議題則以差分隱私或聯邦學習降低原始軌跡回傳，並以地理圍欄限定用途，避免功能漂移成為對日常移動的過度監控。實證研究可利用 UBI 上線的錯落時點採差異中之差識別對事故率、欺詐鑑別率與理賠損失的影響，並以存活分析評估危險駕駛→事故到達時間的危險率在 UBI 刺激下是否顯著下降。

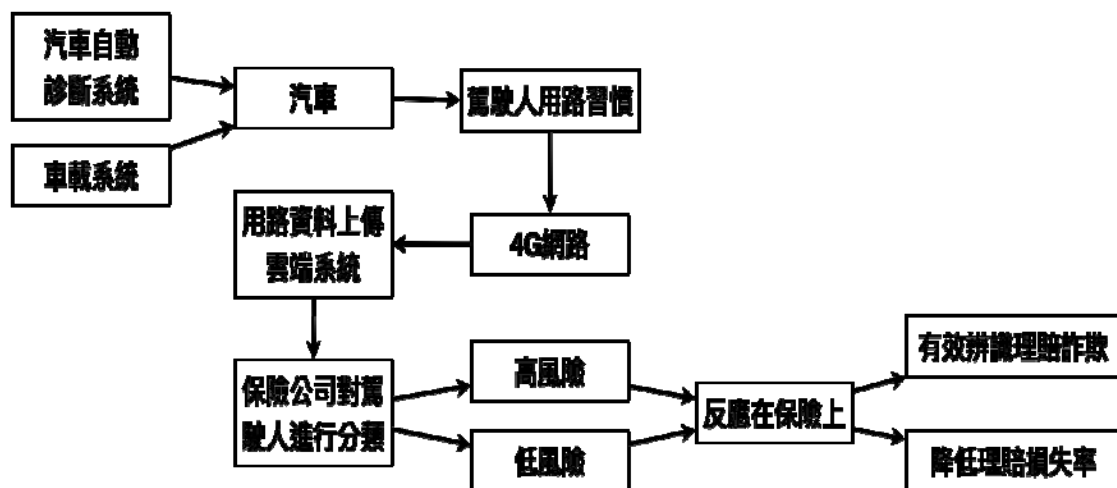


圖 4、車聯網與汽車保險

綜合兩個案例可見，物聯網將保險從風險分攤的靜態契約進化為風險管理的互動機制。對供給面，承保精度與反詐能力提升，使資本要求與風險加權的配置更貼近真實暴露；對需求面，以小額高頻的行為回饋替代一次性大額的事後理賠，讓保障—預防—健康/安全行為形成閉環。真正的挑戰並非技術可行性，而是如何以透明、可稽核且公平的資料治理把狀態依賴契約制度化，使其在降低資訊不對稱與道德風險的同時，不犧牲風險共濟與社會保險的公共性。

七、傳統與物聯網保險的機制差異與治理涵義

相對於以歷史資料與人口特徵分群為主的傳統保險，物聯網保險（IoT-enabled insurance）首先在資訊生產層面帶來躍遷：資料的來源由保戶被動揭露與事後文件，轉為裝置端自動、連續且帶時間戳的行為訊號（activity-based signals）。這使保險公司不僅有更多管道取得個體專屬資料，更關鍵的是資料型態發生質變——從靜態、可操弄的自陳資訊，轉為動態、可稽核且能反映即時行為的證據流。由於訊號密度與立即度提升，風險分類的可分辨性（separability）隨之上升，保費得以更精確地與真實情況一致，降低錯價與交叉補貼。

在契約設計上，物聯網將傳統事後理賠的固定契約推進為事中治理的狀態依賴契約。可穿戴與車聯網資料可作為觸發條件，將保費、折減、自負額與回饋金綁定於可觀測的健康投入或駕駛行為，形成連續的小誘因機制，使保戶的最適行為與保險人的風險控制目標一致（incentive compatibility）。此舉同時緩解三大經典難題：一是以高頻率客觀訊號降低資訊不對稱；二是把預防——保障——回饋嵌入保單存續期，弱化道德風險；三是提高風險類型的可識別度，縮小逆選擇空間。與此同時，精細化風險分層支持差異化與客製化的產品束（product bundles），例如對低風險群給予保費回饋或健康儲蓄配對，對高風險群則設計行為改善型保單，將保險由純風險移轉擴展為風險管理服務。

在商業模式層面，物聯網保險把防損前置並資料化，理賠不再是唯一的價值展現。保險公司得以運用情境化介面與行為助推提供即時建議，將高風險事件的發生率在源頭降低，從而改善綜合核賠率與資本效率。這種預防——監測——調價——理賠的閉環，也讓保險人從單純的承保者轉為被保人風險治理的協作者，形成長期黏著的服務關係。

然而，資料連續化與定價精細化亦伴隨治理要求。為避免把風險定價演化為對弱勢群體的系統性不利，需以可解釋建立模型、差別影響檢核與最低保障設計維持風險共濟的公共性；在技術面，裝置真偽與資料完整性須以硬體信任、時間戳與不可竄改日誌確保；在隱私與倫理面，必須採目的限制、

資料最小化、可撤回同意等機制，將個人行為資料的使用邊界明確化。換言之，物聯網保險的優勢不僅是蒐集更多資料，而是透過資料型態與契約語言的革新，把保險從事後賠付轉型為以預防與積極風險管理為核心的韌性制度。

八、物聯網保險的結構性風險與治理路徑

物聯網保險的核心優勢在於把風險資料化、即時化與可稽核化，但同一套機制亦衍生出新的制度性不確定性。首先是責任歸屬被重新定義。於自動化與共享經濟情境下，事故不再僅由單一行為者負責，而是由演算法供應者、裝置製造者、系統整合商、維運單位與最終使用者共同構成的技術—組織網絡。保險契約若仍以傳統駕駛者或被保人作為唯一主體，將無法妥善分攤與定價。較可行的治理是採取分層責任與事件因果分解，以事件記錄器與遠端度量建立可追溯證據鏈，先在工程上拆解觸發—放大—失效之因果模組，再在法律上設計混合型責任制度，將過失責任、產品責任與嚴格責任依模組權重加總。對於無法細項歸因的剩餘風險，則以行業性再保或公共擔保機制吸收，避免單一主體承擔系統性尾部損失。

其次是法遵風險與資料主體權利的緊張。IoT 裝置產生持續且具定位資訊之個資，若無邊界設計，容易超出原始目的而發生功能漂移。為維持創新與權利保護的平衡，需要把資料治理與保單條款深度耦合：在收集端建立硬體信任與防拆封設計，於傳輸與儲存端落實端到端加密、時間戳與不可竄改日誌；在使用端以目的限制與資料最小化原則界定用途，針對高敏感欄位採聯邦學習或差分隱私，並賦予被保人可撤回同意與可攜權。模型治理層面，應強制化特徵漂移監測、可解釋性要求與差別影響檢核，並設置外部模型登錄與獨立稽核，降低黑箱定價對特定群體造成的不可見歧視。

更深層的挑戰在於過度透明可能侵蝕保險的共濟本質。當風險被極度可分辨時，高風險類型的保費可能飆升至不可負擔，形成價格驅離與保障缺口。

物聯網保險若要兼顧效率與公平，需在費率自由與風險共擔之間設定制度化護欄。例如，允許基於行為改善之折減，但對先天或不可控屬性引入風險因子上限與費率帶，將部分體系性風險透過再保或社會性保險吸收；同時對高風險者提供行為改善型保單，把保費折減與可觀測的防損投入綁定，以激勵可改變的風險行為而非排除承保。於監理層面，可要求業者披露風險因子—保費的彈性區間與敏感度，並對定價變數設置比例原則與必要性測試，以避免以代理變數重現社經偏見。

此外，IoT 生態自身的技術風險亦不可忽視。裝置被攻擊、資料被竄改或惡意干預感測輸入，皆可能扭曲定價與理賠，甚至產生系統性騷擾。治理上必須將資安列為保險可保性之前提，對關鍵裝置導入安全認證與生命週期管理，將韌性指標（可用性、完整性、復原時間）納入承保與再保條件；在合約上賦予風險控制權與緊急處置條款，例如偵測到惡意行為時的保費調整、保障暫停或強制裝置更換，並以可稽核日誌支撐爭議處理。

最後，物聯網保險的社會信任需要透明與參與式監理。業者應提供被保人可理解的資料使用說明與行為—保費對應規則，建立申訴與覆核的程序性保障；監理機關則可採「監理沙盒+模型註冊」雙軌做法進行，允許創新試行但要求事前風險評估與事後績效—公平雙重評估，並鼓勵產學界以準實驗方法持續量化其對事故率、欺詐率、保障可近性與社會福利的淨效果。唯有透過責任配置、資料治理、價格護欄與資安韌性的整體設計，物聯網保險才能在提升風險定價效率的同時，維持保險作為社會共濟機制的核心精神。

九、結 論

本文以物聯網作為資料化的實物網絡與可組態的契約基礎設施加以刻畫，說明其對金融發展的深層機制：一方面，它透過高頻率、可稽核之遙測訊號降低資訊摩擦，改寫銀行徵信、授信與風險治理的生產函數；另一方面，藉由狀態依賴的契約語言與事件驅動的營運邏輯，將保險的風險分攤推進為

風險管理，並把個人金融從管道數位化升級為狀態數位化。整體而言，IoT 不僅擴張了金融中介的有效邊界，也提升了資本配置效率與金融包容性，同時對資料治理、模型風險與制度設計提出新要求，驗證了其作為一般用途技術對金融部門的結構性影響。

就銀行業而言，IoT 使企業金融得以由一次性文件審核轉為連續觀測與即時校準：智慧化徵信把產線稼動、庫存週轉與履約軌跡等訊號內生於 PD/EAD/LGD 的動態估計，支持額度、利差與抵押比率的閉環調整；智慧化動產監管則把可驗證存在—完整性—使用三位一體落實到貸後治理，將由經驗常數轉為狀態函數，從而在不犧牲穩健性的前提下擴大可貸邊際並收斂不良率波動。這一轉型將銀行角色由被動核貸者推向產業協調者，使實物流—資訊流—金流之三流對帳成為新的中介常態。

在個人金融面向，VTM 等遠距載具與可穿戴／車載裝置讓情境化資料與開放銀行資料共構個人金融數位孿生，促成預算控管、循環額度調整、詐欺即時控管與行為助推之整合服務；產品由靜態合約轉為條件化、即時化之契約，將金融教育與風險提醒嵌入日常互動，提升可近性與使用者體驗。

在保險領域，IoT 驅動的健康穿戴與車聯網案例顯示：透過高頻客觀訊號與小額高頻回饋，可同時緩解資訊不對稱、道德風險與逆選擇，並以反詐偵測與自動分流提升理賠效率；然而，過度可分辨亦可能侵蝕風險共濟的社會性，必須以費率帶、風險因子上限與行為改善型保單等制度護欄維持公平性，並以聯邦學習、差分隱私與模型登錄／外部稽核強化資料與模型治理。

IoT—金融的結合需走向技術—契約—監理三層並進，技術層要求端到端可信與韌性（硬體根信任、時間戳、不可竄改日誌、邊緣安全）；契約層要求狀態依賴、可解釋與可執行的條款設計（事件觸發、價值函數透明）；監理層則以 RegTech/SupTech 落實即時稽核、模型風險管理與公平性檢核。換言之，唯有在效率與韌性的動態均衡中，將資料治理內生於金融契約與監理規則，物聯網方能成為金融深化與普惠發展的可持續引擎。