

醫療輔助系統的設計與實作

——以慢性腎臟病評估為核心案例之雙層健康資訊平台

研究生：江家寓

指導教授：陳玫蓉

合作醫師：謝其磐

銘傳大學生物醫學工程學系

中華民國 115 年

研究動機

台灣醫療資訊化的兩個落差

落差	現況	問題
民眾端	99.9% 健保覆蓋	體檢報告看不懂
診所端	23,000+ 醫療院所	約 50% 仍紙本病歷
商用 HIS	成熟系統存在	5,000–25,000 USD/年，基層負擔不起

兩端都在同一份體檢數據面前，卻各自為政

研究目標

民眾端 ClinCalc

- 健康自查
- 報告解讀
- KDIGO 分期
- AI OCR

醫事端 ExClinCalc

- SOAP 病歷
- 處方系統
- 藥師調配
- 6 角色 RBAC

共用 Supabase PostgreSQL

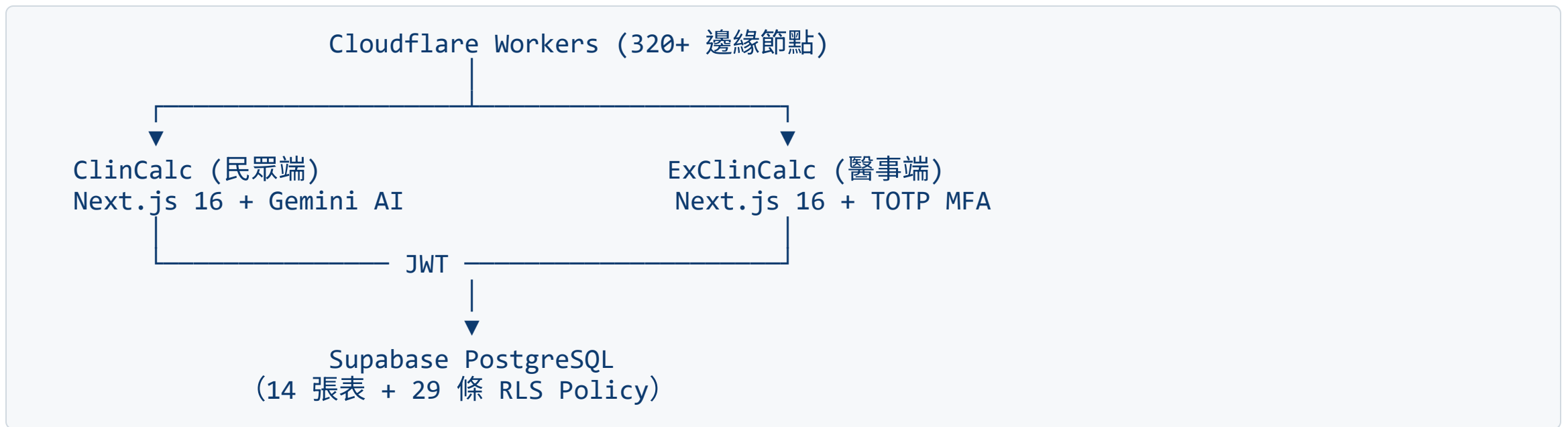


Row Level Security 隔離



Cloudflare Workers 邊緣部署

整體系統架構



技術棧

層	技術
框架	Next.js 16 + TypeScript + React 19
DB / Auth	Supabase (PostgreSQL + Auth + RLS)
AI	Google Gemini 1.5 Flash
部署	Cloudflare Workers + OpenNext
CI/CD	GitHub Actions
安全	TOTP MFA + RLS + Audit Logs

月運維成本：< USD \$5

資料庫設計 (14 張表)

群組	表	主要欄位
用戶	profiles	role, is_pro, pro_role
民眾端	health_records, medications	data (JSONB), reminder
醫事端	doctor_patients, appointments, soap_notes, prescriptions, triage_vitals	完整工作流程
共享	medical_references, pro_resources, reference_pdf_links	醫療指引
跨應用	patient_consent	一次性權杖
安全	audit_logs, drug_interaction_checks	90 天保留

6 角色 RBAC 權限矩陣

角色	主要權限
doctor 醫師	自己病患的全部紀錄、開立 SOAP 與處方
nurse 護理師	分診、輸入生命徵象
pharmacist 藥師	調配處方、藥物交互檢查
admin_staff 行政	profiles 唯讀 (限同診所)
admin 管理員	全資料、寫 medications
super_admin 超級管理員	全資料、寫 medical_references

所有權限檢查由 PostgreSQL RLS 在資料庫層強制執行

核心安全設計：4 層防護

1. PostgreSQL RLS

- 14 張表 × 29 條 policy
- 應用層漏洞無法穿透

2. TOTP 雙重驗證

- 強制所有 pro 角色
- 5 次失敗鎖定 15 分鐘
- 符合 NIST SP 800-63B-4

3. 稽核日誌

- 90 天保留
- 角色變更/處方/MFA 重置
- 由 trigger 自動寫入

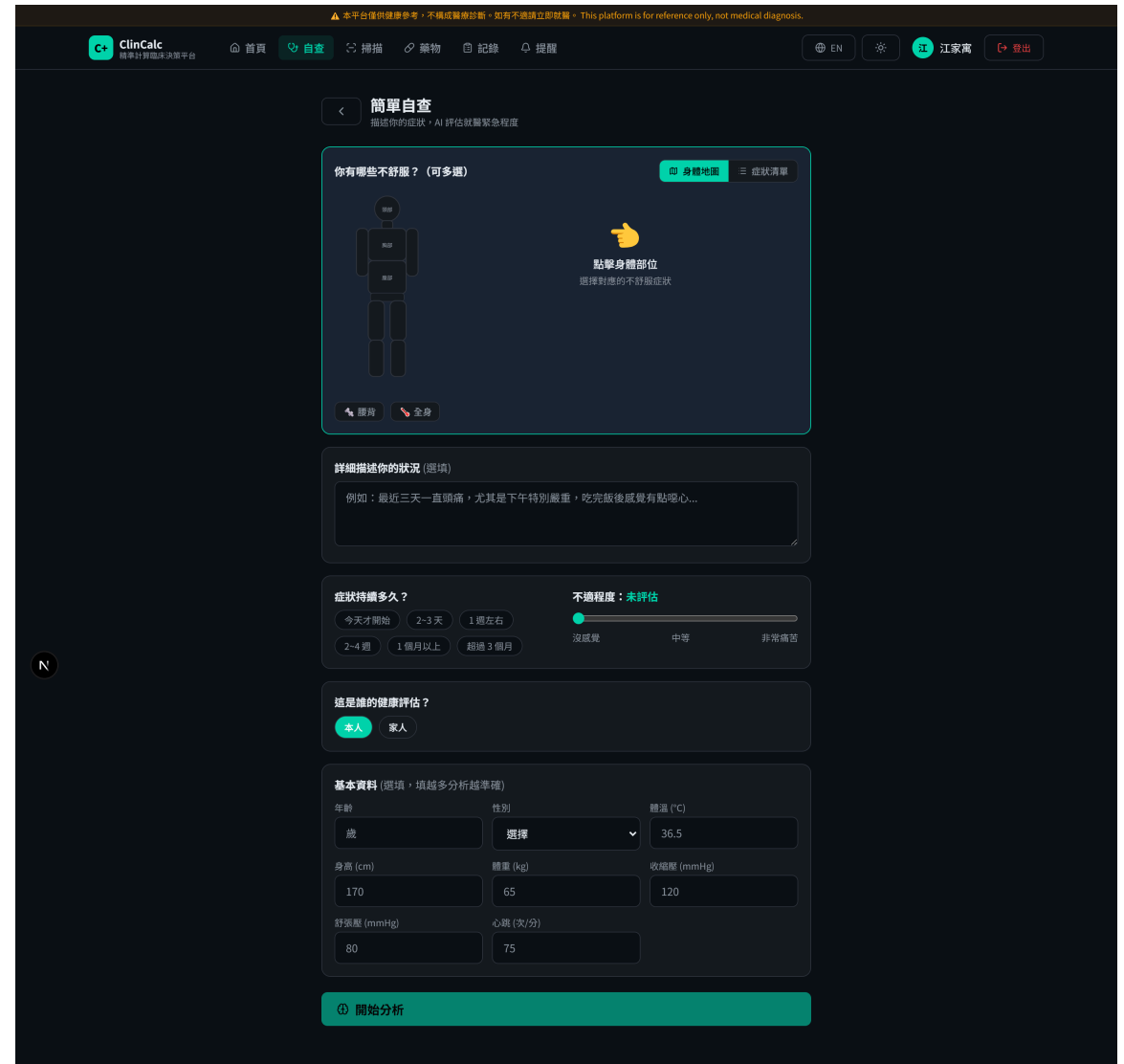
4. 病患授權系統

- 一次性權杖
- 7 天到期
- 跨應用受控資料流通

ClinCalc 民眾端核心畫面

互動式身體地圖

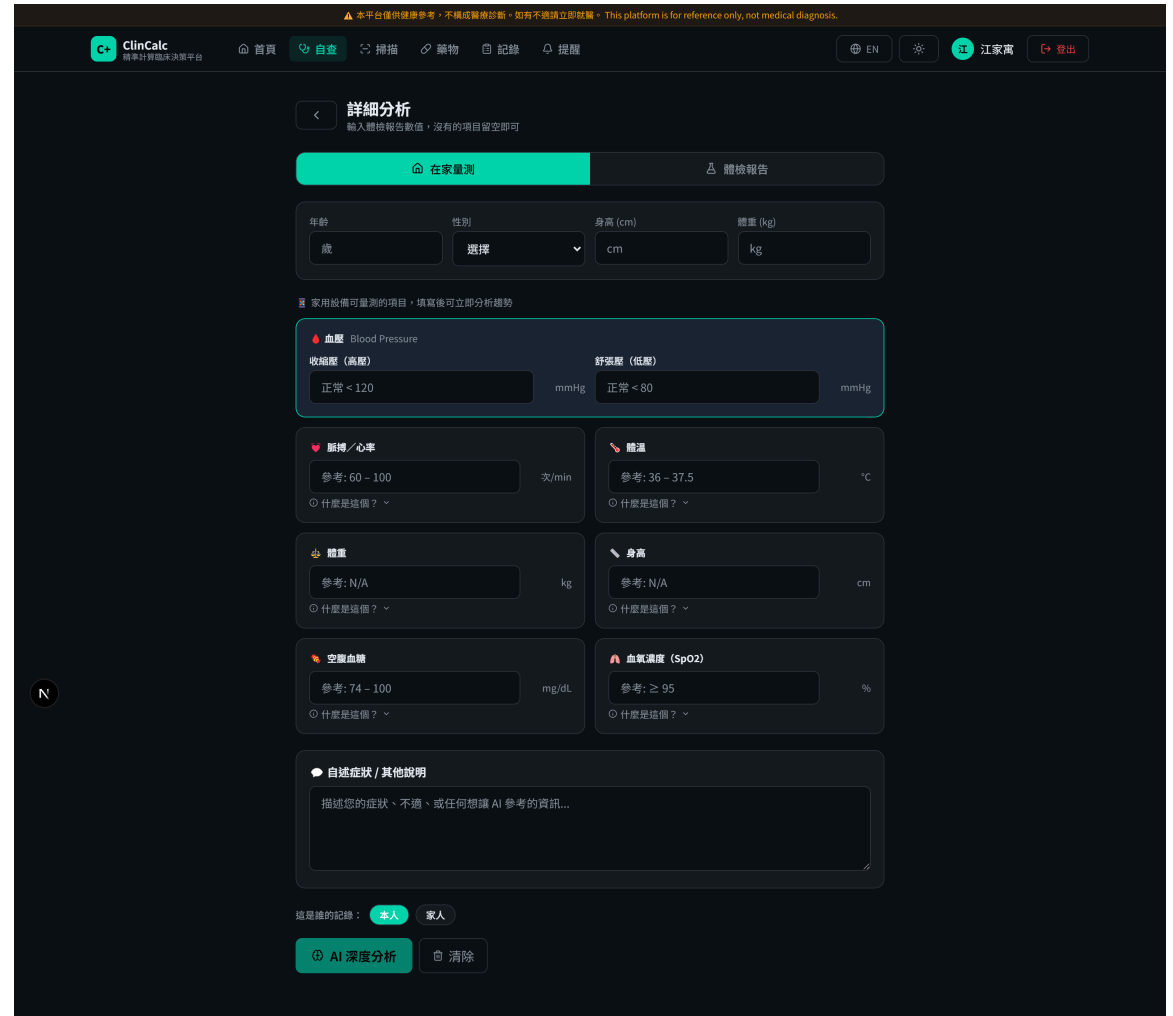
- 17 個身體區域
- 44 種症狀
- AI 提供初步病因排序
- 紅旗症狀警示



ClinCalc : 本地分析引擎

45 項指標即時判讀

- 10 大分類
- KDIGO G1–G5 共六分期
- 平均 23 ms 完成
- 不上傳資料至任何 API



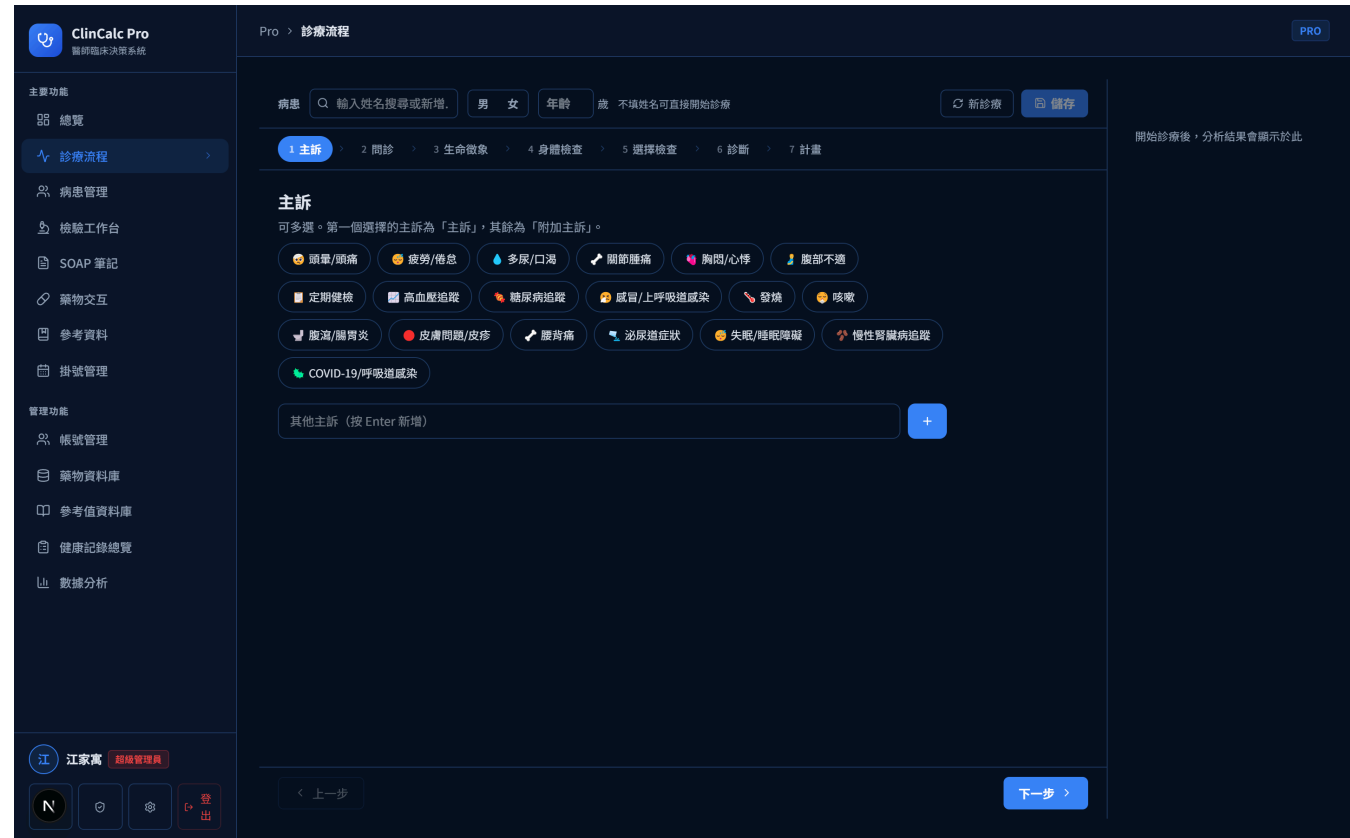
LIVE DEMO — ClinCalc

現場操作 (2 分鐘)

1. 打開 <https://clincalc.ro883c.workers.dev>
2. 進「45 項指標」
3. 輸入：eGFR=72, 血糖=126, HbA1c=6.7
4. 觀察 G2→G3a 邊緣 + 糖尿病前期警示
5. 切到「AI 影像 OCR」展示 Gemini 報告辨識

ExClinCalc 醫事端： SOAP 七步驟

1. 生命徵象 (自動帶入)
2. 主觀症狀 (20 種模板)
3. 客觀檢查
4. 檢驗建議
5. 評估診斷 (ICD-10 自動建議)
6. 處方 (藥物交互警示)
7. 衛教與追蹤



ExClinCalc：藥物交互作用警示

四級嚴重度分級

- contraindicated (禁用) → 紅色阻斷
- major (顯著) → 橘色警示
- moderate (中度) → 底色提示
- minor (輕微) → 底色提示

避免「警示疲勞」的設計取捨



LIVE DEMO — ExClinCalc

現場操作 (2 分鐘)

1. 無痕視窗 → demo-doctor 帳號登入
2. `/pro/dashboard` → 今日候診 8 筆
3. 點任一病患 → 帶入 SOAP 七步驟
4. 開處方 → 觸發藥物交互警示
5. 切 demo-pharmacist → 藥師調配工作台
6. 切 demo-admin → 分析儀表板

系統測試結果

端對端功能測試

10 項情境全數 PASS (100%)

民眾註冊 → KDIGO 判讀

醫師掛號 → SOAP → 處方 → 藥師調配

病患授權醫師 → 醫師查健康記錄

跨角色權限切換

TOTP enroll / verify / 失敗鎖定

安全性評估

28 組 RLS 攻擊情境 → 全數攔截

情境	結果
跨醫師偷看病患	✓ 拒絕
藥師寫 SOAP	✓ 拒絕
一般用戶讀 audit_logs	✓ 拒絕
過期 consent token	✓ 拒絕
同診所跨角色資料外洩	✓ 拒絕

應用層漏洞無法穿透資料庫層 RLS

效能評估

指標	數值	備註
本地分析	23 ms	n=100 次平均
ClinCalc FCP	1.32 秒	全球 5 節點實測
ExClinCalc TTFB	210 ms	東京節點
月運維成本	< USD \$5	含 CF + Supabase + Gemini

研究貢獻

四個面向

1. 系統設計：雙層共資料庫架構，RLS 細粒度隔離
2. 安全模型：14 表 29 policy + TOTP + audit chain
3. AI 策略：知識庫優先 prompt 降低幻覺、保護隱私
4. 成本驗證：< 5 USD/月 (vs 商用 HIS 5,000+ USD/年)

研究限制與未來工作

限制

- 健保 IC 卡介接未實作
- 實體場域長期驗證未做
- 大規模並發未壓測
- 手寫病歷 OCR 未量化

未來

- 接入 NHI 專網
- 鑑別診斷升級為 RAG
- 擴充 ECG / Spirometry
- IRB 審查後實體試運

致謝

感謝指導教授 **陳玫蓉** 教授

合作醫師 **謝其磐** 醫師

生物醫學工程學系全體師長

家人於延畢期間的支持

 github.com/RO883C/clincalc

 github.com/RO883C/exclincalc

Q & A

請評審老師指教

江家寓
銘傳大學生物醫學工程學系
2026