

感染拡大リスクを下げるための 携帯電話の活用に関する研究開発

網 淳子、龐 岩博、升井 洋志（北見工大）、奥村 貴史（北見工大）、関本 義秀

研究の背景

携帯電話の普及を背景に、公衆衛生学分野において携帯電話を利用した感染対策手法の実現が模索されてきました。そうした試みのひとつに、プライバシーに配慮しつつ効率的な感染リスク通知を可能にするための携帯電話の活用に関する研究があります。DCT (Digital Contact Tracing) と呼ばれ、日本では2019年に発生した新型コロナウイルス感染症の感染リスク軽減に向けてCOCOAと呼ばれるアプリの利用が推奨されました。COCOA を起動しているスマートフォン同士、短距離無線Bluetoothを介し、お互いの端末が一定の距離以内に存在したことを記録する仕組みです。この記録を用いれば感染者との接触を検知することができるので、感染拡大を抑えることができるのではないかと期待されました。しかし実際にはアプリの利用率は33%程度にとどまり、感染拡大に寄与することができたとは言い難い状況です。

そこでCOCOAのように短距離無線Bluetoothを利用する方法が抱える利用率の伸び悩みへの対処として、CIRCLE (*) を提案しています。CIRCLEはCOCOAとは異なり、携帯電話の在圏情報を利用して感染者との接触リスクを評価する方法です（図1）。CIRCLEでは、保健所は感染者の行動履歴を一般に公開する必要がありません。また、住民も自らの位置情報を行政に渡す必要もありません。感染者・住民双方のプライバシーを守りつつ、接触リスクを伝えることができる仕組みです。

* CIRCLE: Computation of Infection Risk via Confidential Locational Entries

研究の手法と成果

公衆衛生学の観点では、感染症が広がる初期の段階ではDCTは感染者との接触を感度高く（感染者と接触した人を感染者と接触した人として精度よく）検知することが望ましいとされています。そして、感染が拡大するに従い、感度重視から特異度（感染者と接触していない人を感染者と接触していない人として精度よく検知すること）重視へと舵を切ることが求められます。そこで、日本で導入されたCOCOAと、COCOAとは異なる仕組みのDCTとして提案されたCIRCLEについて感度と特異度の推計を行い、DCTの異なる手法間の望ましい役割分担について検討しました。

感度の上限は携帯電話の普及率やCOCOAのダウンロード率で決まり、CIRCLEの値はCOCOAの値の7倍を超えると推定されました（図2）。一方特異度は、関本研究室の開発した疑似人流データPseudo Pflowを用いたシミュレーションから得たデータ、および公開情報を利用して推計し、CIRCLEの値はCOCOAの値の半分以下になることが推定されました*。（*）Junko Ami, et al., “Advancing the Sensitivity Frontier in digital contact tracing: Comparative analysis of proposed methods toward maximized utility,” Informatics in Medicine Unlocked, Volume 53, 2025, <https://doi.org/10.1016/j.imu.2025.101622>.

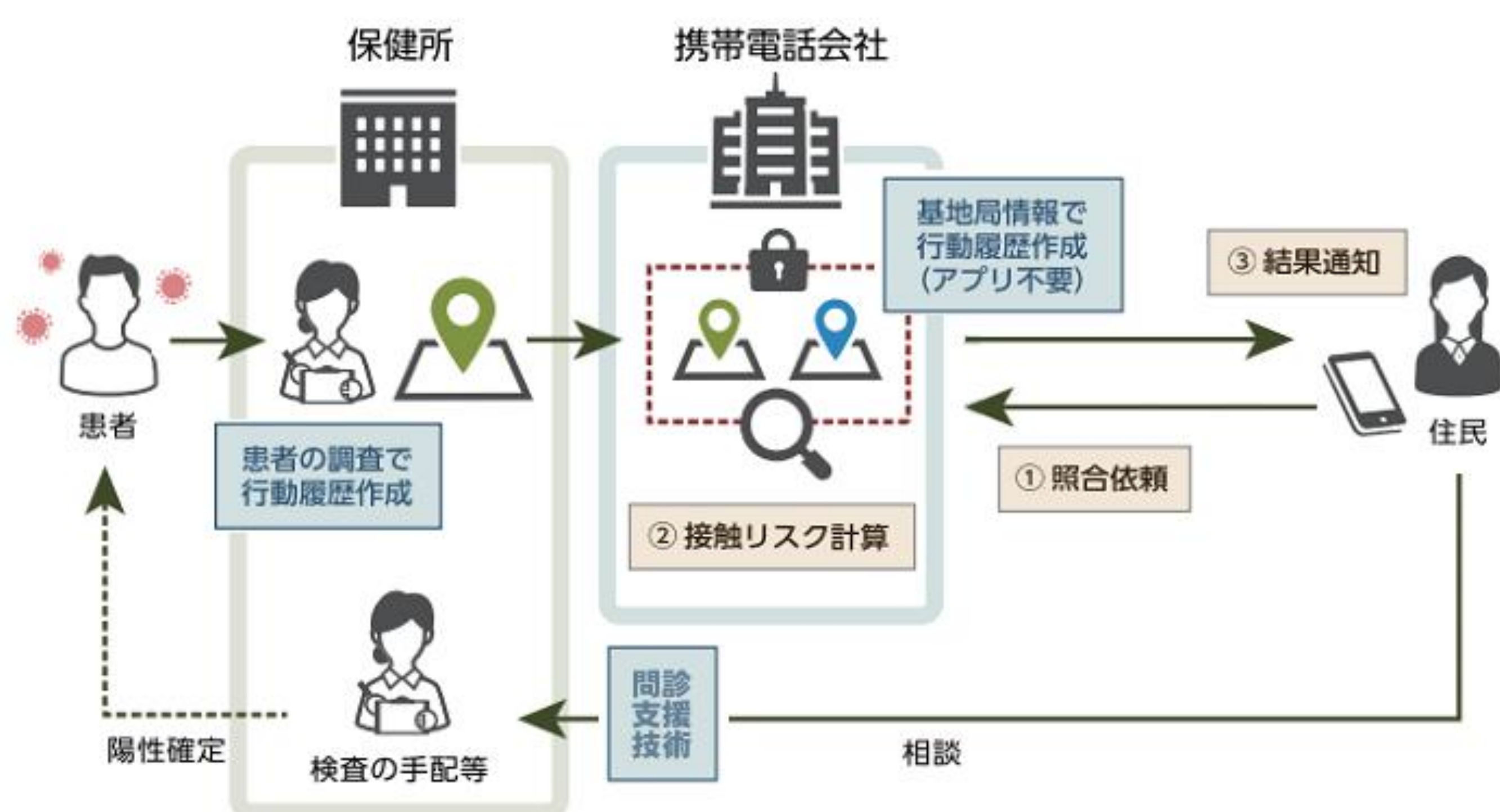


図1 CIRCLEの概要

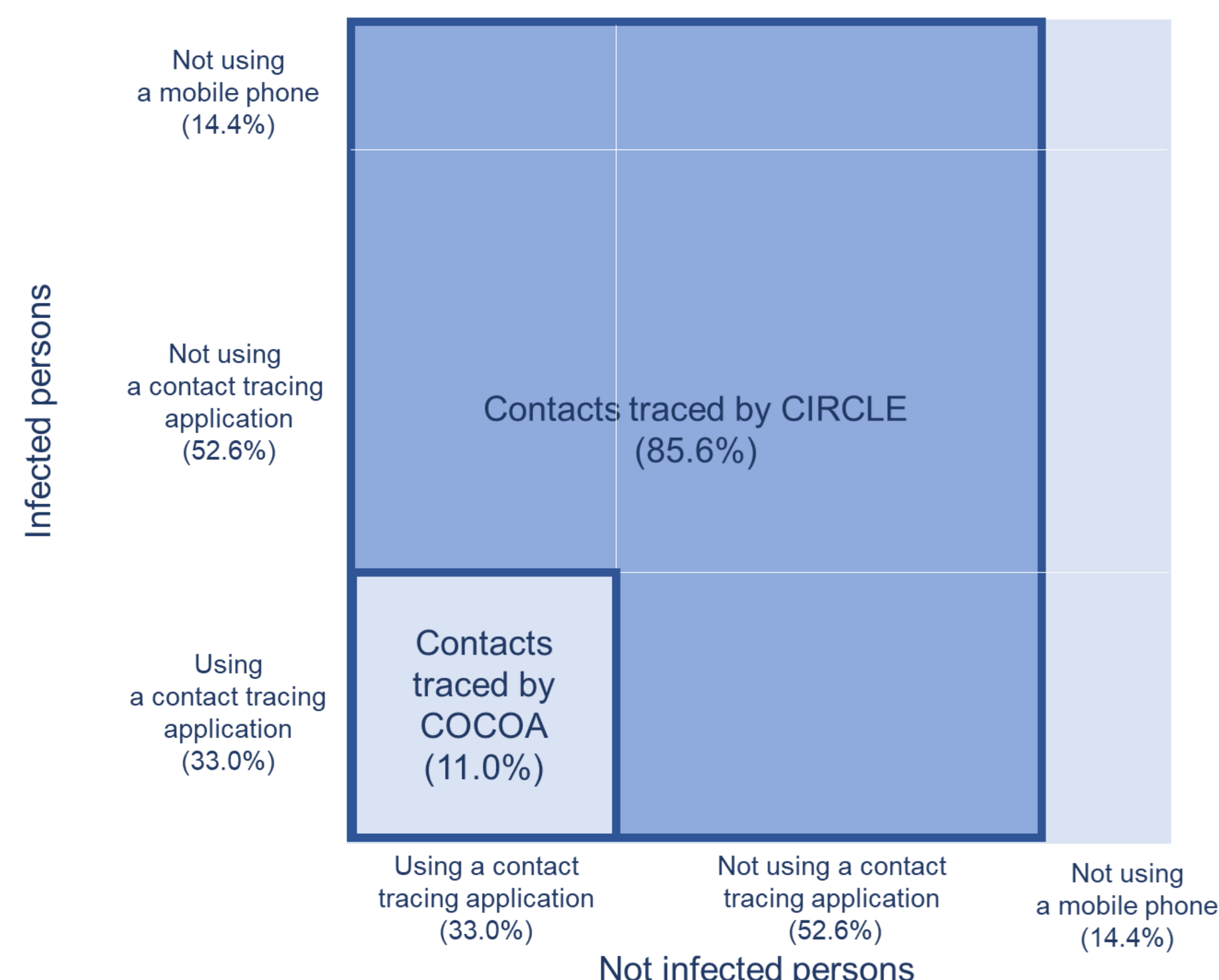


図2 COCOAとCIRCLEの感度の比較

今後の展開

携帯端末の基地局への接続情報を用いたDCTであるCIRCLEは、Bluetoothを用いたCOCOAと比べて感度を大幅に高められる可能性が示されました。一方、特異度については感染者数の増加に従い低下することが推定されています。将来やってくる次のパンデミックに備え、異なる特性をもつ複数のDCT技術を整備し、感染フェーズの遷移に従って感染初期の感度重視から特異度重視へとDCT技術を適応的に切り替える体制が望まれます。複数の手法を取り入れ、統合する形でDCTを再定義し、より実用的な感染対策の実現に向けて、今後も研究を進めていきます。

Advancing the Sensitivity Frontier in digital contact tracing: Comparative analysis of proposed methods toward maximized utility

Junko Ami, Yanbo Pang, Hiroshi Masui*, Takashi Okumura*, Yoshihide Sekimoto

* Kitami Institute of Technology

Background

With the widespread use of mobile phones, public health has explored their potential for infection control, particularly through Digital Contact Tracing (DCT). In Japan, the COCOA app, introduced during the COVID-19 pandemic in 2019, used short-range Bluetooth to log close contacts between smartphones. While intended to identify potential exposures and limit transmission, its effectiveness was limited by a low adoption rate of around 33%. To overcome this limitation, we proposed CIRCLE (*), a location-based alternative to COCOA (Figure 1). Unlike Bluetooth-based methods, CIRCLE assesses exposure risk using mobile phone location data without requiring individuals to share personal movement history or location with the government. This approach balances privacy protection with effective risk communication.

(*) CIRCLE: Computation of Infection Risk via Confidential Locational Entries

Method and results

From a public health standpoint, DCT systems should prioritize high sensitivity, accurately identifying contacts of infected individuals, during the early stages of an outbreak. As the infection spreads, the focus should shift toward specificity, correctly excluding those not at risk. We compared the sensitivity and specificity of COCOA, Japan’s Bluetooth-based DCT app, with CIRCLE, a location-based alternative. Sensitivity is constrained by smartphone penetration and app usage; CIRCLE was estimated to have over seven times the sensitivity of COCOA (Figure 2). In contrast, specificity, estimated using pseudo-PFlow data from the Sekimoto Laboratory and public datasets, was found to be less than half that of COCOA*.

(*) Junko Ami, et al., “Advancing the Sensitivity Frontier in digital contact tracing: Comparative analysis of proposed methods toward maximized utility,” Informatics in Medicine Unlocked, Volume 53, 2025, <https://doi.org/10.1016/j.imu.2025.101622>.



figure 1: Overview of the CIRCLE Method.

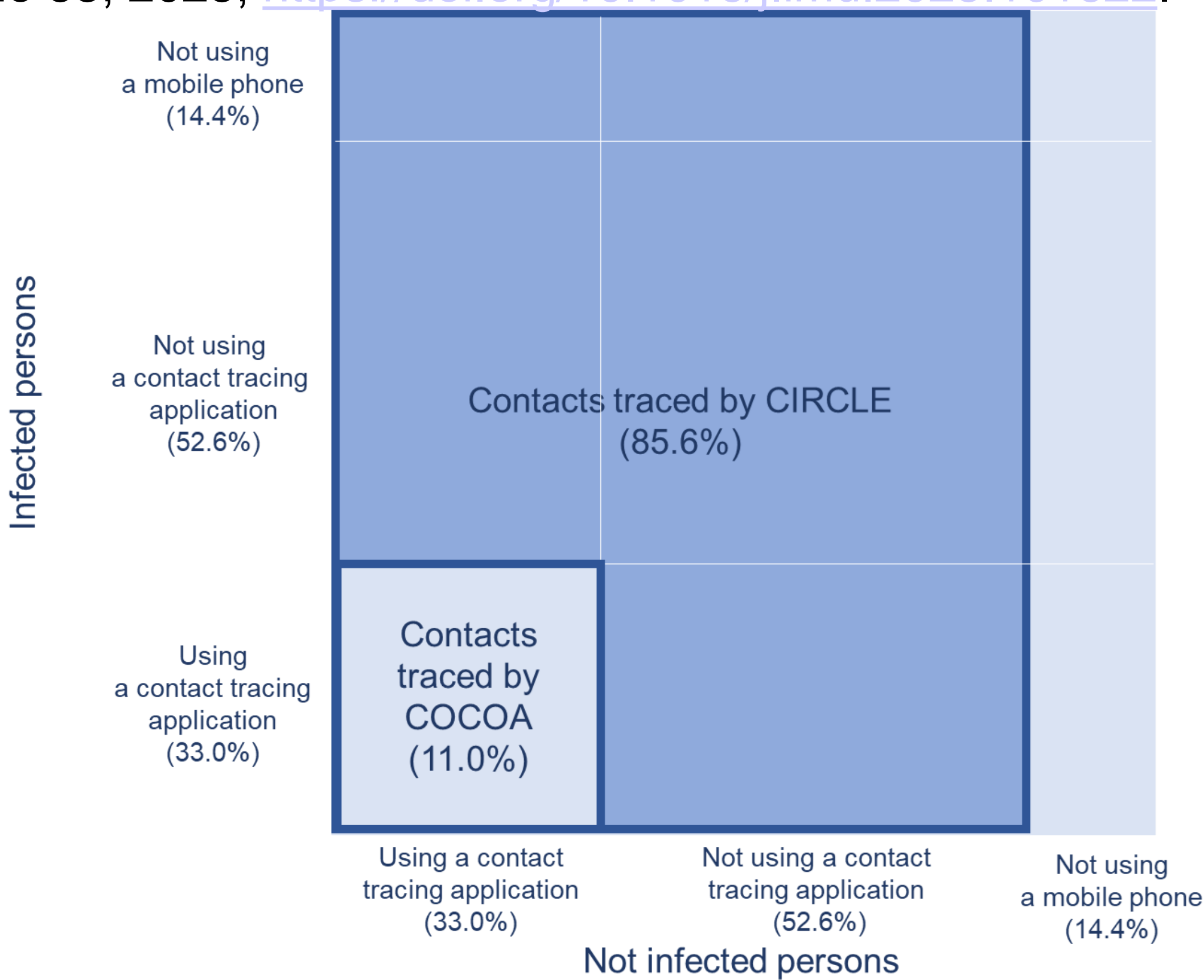


figure 2: Sensitivity of BLE-based DCT and CIRCLE.

Future challenges

CIRCLE, a DCT method utilizing mobile terminal connection data to cellular base stations, has demonstrated the potential for substantially higher sensitivity compared to Bluetooth-based approaches such as COCOA. However, its specificity is expected to decline as the number of infected individuals increases. To prepare for future pandemics, it is essential to develop and maintain multiple DCT systems with complementary characteristics, enabling a flexible transition from sensitivity-focused approaches in the early stages of an outbreak to specificity-focused strategies as transmission progresses. Our ongoing research aims to advance this concept by integrating diverse methods, thereby redefining DCT and contributing to more practical and adaptive infection control solutions.