

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 梶野 洸

クラウドソーシングとは、不特定多数の人間がWeb上で仕事をやり取りする仕組みであり、依頼者にとっては様々な種類の仕事を必要に応じて依頼できること、働き手にとっては柔軟で効率的な働き方ができるといったメリットによって、近年その利用が急速に拡大している。情報科学の分野においても、コンピュータには難しいが人間には可能なタスクの実行をクラウドソーシングを利用して解決するというアプローチが浸透し始めており、情報検索やデータベース、ヒューマンコンピュータインタラクションや機械学習など様々な分野においてクラウドソーシングの利用が検討されている。

クラウドソーシングは比較的新しい考え方であるため、得られる成果物の品質が保証されないといった問題や、反社会的・非倫理的な用途に使用されるといった問題、作業の実施を通じたプライバシー漏えいの問題など様々なリスクがあることが指摘されている。近年その解決へ向けた研究が精力的になされているが、特にプライバシーの問題に関しては、いまだ個別の事例に対する検討がなされている程度にとどまっている。

本論文は「Privacy-Preserving Crowdsourcing」（プライバシー保護クラウドソーシング）と題し、7章からなる。

第1章「Introduction」（序論）では、クラウドソーシングの考え方と様々な実現について述べた後、クラウドソーシングの様々な段階において現れるプライバシーにまつわる課題を整理・分類することでクラウドソーシングにおけるプライバシー保護の全体像を示すとともに、本論文の主要な成果を概説している。

第2章「Preliminaries」（準備）では、本論文で用いる記法と、公開鍵暗号系、とくに本論文で用いる準同型暗号とその基本的な性質についてまとめるとともに、クラウドソーシングにおけるプライバシーの仮定について述べている。

第3章「Privacy-Preserving Task Assignment」（プライバシーを保護したタスク割り当て）では、クラウドソーシングを効率的に実施するために、適切なタスクを適切なワーカに割り当てるタスク割り当ての問題を取り上げ、タスク割り当てをワーカ的能力やタスクの必要要件などを秘密にしたまま実行するための方法を与えている。割り当てを最大流問題として定式化し、準同型暗号プロトコルを用いて実現するとともに、実行に際しての計算時間の考察を行っている。

第4章「Instance-Privacy Preservation」（インスタンスのプライバシー保護）では、クラウドソーシングで依頼されるタスクから漏れるプライバシーを保護するための方法を述べている。この問題は、作業者が人間であることから既存のプライバシー保護手法の枠組みにおいて扱うことが困難な問題であるが、評価する方法タスク実行とプライバシーの漏えいを確率的な過程としてモデル化し、タスク変換前後の情報損失・情報利得によってこれらを定量化する方法を与えている。

第5章「Worker-Privacy Preservation」(ワーカのプライバシー保護)では、ワーカのプライバシーを保護したまま、複数のワーカの成果物を統合して品質を高めるための方法を与えている。潜在ラベル法とよばれる統計的品質保証手法を、準同型暗号プロトコルを用いた秘匿計算を用いて、ワーカ能力や成果物などを公開することなく実行することを実現している。また、提案手法の実用性を実データを用いた評価実験によって確認している。

第6章「Related Work」(関連研究)では、既存研究をクラウドソーシングにおけるプライバシー保護、機械学習・データマイニングにおけるクラウドソーシング研究、クラウドソーシング以外の分野におけるプライバシー保護技術の3つの観点からまとめ、本研究の位置づけを与えている。

最後に第7章「Conclusion and Future Directions」(結論と今後の展望)では、本論文の成果を簡潔に纏めると共に、今後の研究課題を提示している。

以上を要するに、本論文は、クラウドソーシングという新しい仕組みにおけるプライバシー漏えいの問題を指摘するとともに、これに対する技術的な解決法を与えている。本論文の研究成果は、今後大きく発展するであろう本分野の課題を先取りし、これに対する数理的な枠組みを与えるものであり、数理情報学の発展に大きく貢献するものである。

よって本論文は博士(情報理工学)の学位請求論文として合格と認められる。