

一貫性の原理に基づくフィジカルクラウドソーシングの効果的なタスク 分割・依頼方法

田中絵璃菜[†] 伊藤 寛祥[†] 松原 正樹[†] 森嶋 厚行[†]

[†] 筑波大学 〒305-8550 つくば市春日 1-2

E-mail: [†]erina.tanaka.2021b@mlab.info, ^{††}{ito,masaki}@slis.tsukuba.ac.jp,

^{†††}Morishima-office@ml.cc.tsukuba.ac.jp

あらまし 非定型でかつ物理的な移動が必要なタスクを既存のクラウドソーシングプラットフォーム上で依頼することができれば、迅速な落とし物捜索や迷子の捜索、災害の情報把握など様々なことが可能になる。しかし、そのようなアドホックなフィジカルクラウドソーシングタスクは、ワーカーに引き受けてもらうことが困難である。どのようにタスク分割をしてどのように依頼すれば効率よく実施できるのかは現在明らかでない。そこで本研究では、自分の行動や発言を一貫性のあるものにしたいという心理である「一貫性の原理」を利用したタスク分割方法を提案する。具体的には、フィジカルタスクを引き受ける条件に関するアンケートタスクと、実際に物理空間で仕事を行うタスクの2つのタスクに分割する。本論文では、提案手法と従来手法の比較実験を行い、その結果、提案手法は従来手法に比べて閲覧数、応募者数、新規応募者数、閲覧数に対する応募者数の割合を増やすことができることを示した。

キーワード ソーシャルコンピューティング、データ収集、クラウドソーシング

1 はじめに

現在、様々なタスクがクラウドソーシングによって解決されている。マイクロタスクを例とするオンライン上で実行が可能なタスクだけでなく、物理空間での作業が必要となるフィジカルタスクの解決にもクラウドソーシングが利用されるようになってきている。そのようなフィジカルタスクのクラウドソーシングは様々な問題に対して強力なソリューションを提供する可能性がある。例えば、2009年にアメリカ国防高等計画局(DARPA)が行ったネットワークチャレンジでは、アメリカ合衆国のどこか10カ所に設置された10個の風船をすべて見つけ出すという問題をクラウドソーシングによって約9時間で解決することに成功している[1]。このように、フィジカルタスクのクラウドソーシングはオンライン上では解決できない様々な問題や大きな規模の問題を短時間で解決する可能性を持っている。

本研究では「非定型の」「フィジカルタスク」のクラウドソーシングを扱う(図1)。現在、既存のクラウドソーシングプラットフォームには写真撮影やチケット代行、発送作業などのフィジカルタスクが多数掲載されている。また、Uber[2]やUberEats[3]のように、特定の業務に特化したクラウドソーシングプラットフォームは数多く存在する。このようなフィジカルタスクはクラウドソーシングプラットフォーム上に該当のカテゴリが存在する定型タスクであり、ワーカーは最初からこのようなタスクを行う心づもりでプラットフォームに参加している。そのため、依頼するタスクに特化したプラットフォームが存在する定型のフィジカルタスクについては、適したプラットフォームを選択してタスクを掲載することで依頼することが可能である。

オンライン	特化したプラットフォームが存在するオンラインタスク ・資金調達(クラウドファンディング) ・文字の解読(reCAPTCHA)	当てはまるカテゴリがないオンラインタスク ・アプリのトライアル ・掲示板へのコメント投稿
フィジカル	特化したプラットフォームが存在するフィジカルタスク ・ライドシェア(Uber) ・フードデリバリー(UberEats)	当てはまるカテゴリがないフィジカルタスク ・知り合いに写真撮影を依頼 ・落とし物捜索
	定型	非定型

図1 クラウドソーシングタスクの分類: 本研究の対象は右下の赤で囲まれた非定型のフィジカルタスクである

しかし、当てはまるタスクカテゴリや特化したプラットフォームが存在しないアドホックなフィジカルタスクについて、ワーカーを見つけることは簡単な問題ではない。我々も後で実験結果に示すように、ワーカーは想定していないようなタスクについては必ずしも引き受けない。例えば、自分で写真を撮る代わりに遠くの知り合いにお願いして写真を撮ってもらうことを依頼するようなタスクは、引き受けるワーカーがほとんどいないということがあり得る。したがって、アドホックなフィジカルタスクを依頼することは簡単でない。DARPAのネットワークチャレンジはアドホックなフィジカルタスクの成功例であるが、このチャレンジの参加チームは成功報酬として最大40,000ドルの報酬を受け取るため、これらを利用してワーカーに1,000ドルを支払っている。このように大きな組織が高額の報酬を用意して行って成功した例はあるが、アドホックなフィジカルタスクを個人が簡単に依頼する方法は明らかになっていない。

そもそも、オンラインタスクと比較してフィジカルタスクに

については、定型・非定型にかかわらずワーカが引き受けるハードルが高いことが知られている。Altら[4]は、モバイルアプリケーション上でワーカが自らタスクを選択して実行するモバイルクラウドソーシングシステムを作成し、携帯電話のカメラを使うフォトタスク、アプリケーションに情報を入力するインフォメーションタスク、何らかのアクションを行うアクションタスクの3種類のフィジカルタスクの完了数を比較する実験を行った。このアクションタスクの例としては、近くの店でコーラのボトルを買うタスクや隣の部屋の同僚にコーヒーを持っていくタスクなどが挙げられている。実験の結果、完了された55個のタスクのうち、23個がフォトタスク、21個がインフォメーションタスク、11個がアクションタスクであった。さらに、実験後の参加者に対するアンケートでフォトタスクとインフォメーションタスクを好むと答えた人はどちらも89%であるのに対して、アクションタスクを好むと回答した人は11%であった。このことから、物理空間での作業が必要なフィジカルタスクであるアクションタスクが最も完了数が少なく、ワーカから好まれなかったことがわかる。

以上のように、非定型なフィジカルタスクはワーカを集めるのが困難であり、フィジカルタスクはオンラインタスクに比べてワーカが引き受けるハードルが高いという問題がある。そこで本論文では、引き受けてもらうことが困難なアドホックなフィジカルタスクを個人が依頼することを可能にするために、既存のクラウドソーシングプラットフォームでの効率的なアドホックなフィジカルタスクの依頼方法を明らかにすることを目的とし、一貫性の原理を利用した2フェーズのタスク依頼方法を提案する。一貫性の原理とは、自分の行動、発言、態度、信念などを一貫性のあるものにしたいという心理的傾向である[5]。これは、一貫性がある方が社会生活において他者から高い評価を受けるということと、一貫性があることを選択する方が将来の行動を簡易的に決めることができるという2つの要因からなる心理的傾向であるとされている。

本論文では、この一貫性の原理をアドホックなフィジカルクラウドソーシングにおいて利用するために、アドホックなフィジカルタスクを引き受ける条件に関するアンケートタスクと、実際に物理空間で作業を行うタスクの2つのタスクに分割する依頼方法を提案する(図2)。アンケートタスクでは、依頼したいタスクをワーカが引き受ける条件を知るために希望報酬や必要な日数などを質問し、その結果を用いてアンケート回答者の中から適した条件のワーカにタスクを依頼する。この手法では、フィジカルタスクよりも引き受けるハードルが低いオンライン上で実行可能なアンケートタスクでワーカを集めることによって応募するハードルを下げることや、アンケートタスクで答えたことの一貫性を保とうとすることによってワーカがアドホックなフィジカルタスクの依頼を引き受けやすくなるのが期待でき、アドホックなフィジカルタスクにワーカを集め、既存のクラウドソーシングプラットフォーム上で依頼することが可能になると考えられる。

本論文では、指定場所での写真撮影を知り合いに依頼するというアドホックなフィジカルタスクの依頼について、提案手法

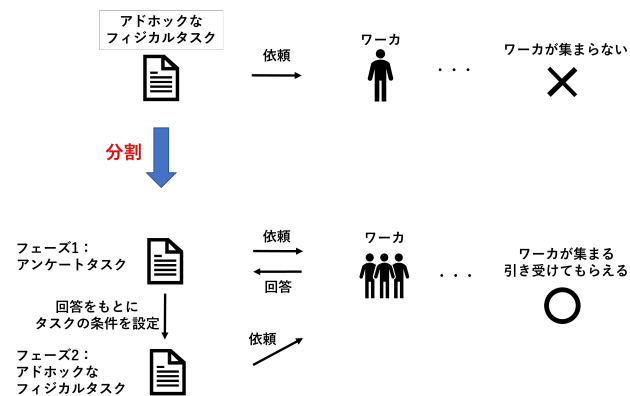


図2 概要図: 提案手法ではアドホックなフィジカルタスクをアンケートタスクとアドホックなフィジカルタスクの2つに分割する

と、一貫性の原理を利用しない手法の比較実験を行った。その結果、提案手法は従来手法に比べて閲覧数、応募者数、新規応募者数、閲覧数に対する応募者数の割合を増やすことができることを示した。

本論文の貢献は次の通りである。(1) 一貫性の原理を利用した2フェーズでのタスク依頼がアドホックなフィジカルタスクの依頼において効果的であることを示した。(2) 提案手法によって、既存のプラットフォームでのアドホックなフィジカルタスクの閲覧数と応募者数を増やすことができることを示した。(3) 閲覧数に対する応募者数の割合と新規応募者数が従来の手法よりも多いことを示した。特に新規応募者については、今回の実験では従来手法では0のような場合においても提案手法では常に確保された。(4) 提案手法によって、アドホックなフィジカルタスクの依頼にかかる費用を抑えることができることを示した。

本論文の構成は次の通りである。まず、第2章では関連研究について述べる。次に第3章では提案手法について説明する。第4章では実験についてフェーズ1とフェーズ2に分けて、設定、結果、考察をそれぞれ述べる。第5章では、結論と今後の課題について述べる。

2 関連研究

2.1 定型のフィジカルタスク

特定のフィジカルタスクに特化したクラウドソーシングプラットフォームは数多く存在する。例えば、TaskRabbit [6], Gigwalk [7], Airbnb [8] である。TaskRabbit は、家具の組み立てや引っ越し作業、庭仕事などの日常生活のフィジカルタスクを依頼したい依頼者とサイトに登録している仕事請負人 (Tasker) を結びつけるマッチングサービスである。Gigwalk は、企業のデータ収集を支援するサービスであり、企業は、登録者に近所の店舗に並んでいる製品の数を数えることを依頼したり、接客が正しいかどうか覆面調査を依頼したりすることができる。Airbnb は、世界中で展開しているバケーションレンタルサービスである。ホストは部屋を貸し出すことで報酬を得ることができ、旅行者は宿泊先を見つけることができる。これらのプラットフォームでは、家周りの仕事、企業のデータ収集、

宿泊先の提供のように、それぞれ掲載されるタスクが限定されていて、特定のフィジカルタスクの依頼を可能にしているが、それ以外のフィジカルタスクの依頼は可能にしていない。本論文では、タスクの種類を限定せず様々なアドホックなフィジカルタスクを既存のクラウドソーシングプラットフォームで依頼することを想定している。

2.2 フィジカルクラウドソーシングのタスク割当てに関する研究

フィジカルクラウドソーシングのタスク割当てについては、いくつかの研究が行われている。例えば、Kazemi と Shahabi [9] は空間タスクを公開方法によって2つに分類している。サーバーがワーカーにタスクを割り当てる Server Assigned Tasks (SAT) Mode とサーバーに公開されたタスクの中からワーカーがタスクを選択する Worker Selected Tasks (WST) Mode である。SAT については、ワーカーの移動コストや完了タスク数を最適化することなどを目的としたタスク割当てに関する研究が多くあるが [10] [11] [12] [13], WST についてはほとんど研究されていない。WST に関する研究には Deng らの研究がある [14] が、彼らは、ワーカーが自律的にタスクを選択するシナリオに焦点を当て、各ワーカーが実行するタスク数を最大にするスケジュールを見つける最大タスクスケジューリング (MTS) 問題を扱っており、依頼方法やワーカーリクルーティングを扱った研究ではない。このように、既存研究にフィジカルタスクの割当てについて研究が多くあるものの、全てがそのタスクを割り当てることが可能な「ワーカーが存在」し、割り当てたタスクを「引き受けてくれる」という前提の研究であり、クラウドソーシングプラットフォームでアドホックなフィジカルタスクを依頼する方法そのものの研究ではない。

2.3 ワーカーリクルーティングに関する研究

プラットフォーム上のワーカーだけでは足りない場合にプラットフォーム外からワーカーを集めることに関するいくつかの研究がある。Wang ら [15] は、ワーカー数が限られたモバイルクラウドソーシングシステムにおける参加人数不足問題に焦点を当て、タスクを実行するかソーシャルネットワークを通してプラットフォームに未登録の人にタスクを紹介するかを選ぶタスクを登録ワーカーに依頼し、タスクの実行だけでなく紹介にも報酬を支払う手法を提案した。この手法により、タスクの完了と、ワーカープールの拡張の両方を実現することができることを示した。Zhong ら [16] は、すべての国のワーカーをカバーしているわけではないクラウドソーシングプラットフォームにおいて世界中の情報を効率的かつ高速に収集するために、クラウドソーシングプラットフォーム上のワーカーが他の国のプラットフォームを利用できるようにするマルチホップクラウドソーシングを提案した。これらの研究はプラットフォームに十分なワーカーがない場合のワーカーリクルーティングに関する研究であるが、本研究ではプラットフォーム上にいるワーカーの中からタスクを引き受けるワーカーを集めることを目的としている。

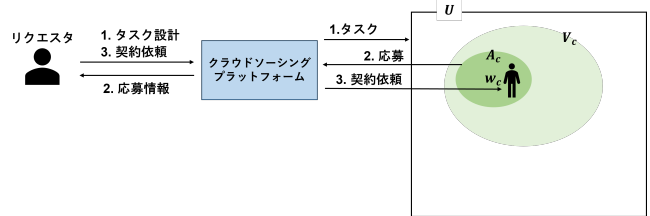


図3 タスク分割を行わないタスク依頼：ワーカーの全体集合を U 、タスクを閲覧したワーカーの集合を V_c 、タスクに応募したワーカーの集合を A_c 、タスクを依頼するワーカーを w_c とする

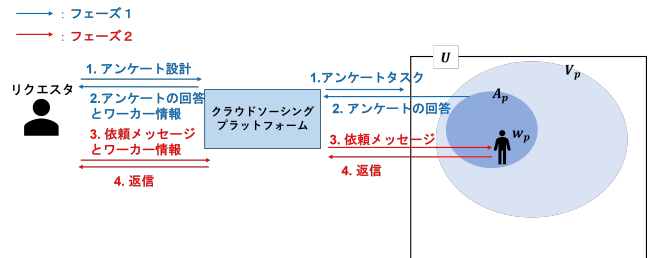


図4 一貫性原理を用いたタスク分割によるタスク依頼：ワーカーの全体集合を U 、アンケートタスクを閲覧したワーカーの集合を V_p 、アンケートに回答したワーカーの集合を A_p 、アドホックなフィジカルタスクを依頼するワーカーを w_p とする

3 提案手法

本研究では、自分の行動や発言を一貫性のあるものにしたいという心理的傾向である「一貫性の原理」を利用したタスク分割方法を提案する。具体的には、アドホックなフィジカルタスクを次の2フェーズに分割する。フェーズ1では、アドホックなフィジカルタスクを引き受ける条件に関するアンケートを実施する。フェーズ2では、フェーズ1で集めたアンケートの回答をもとに、回答者の中から実際にフィジカルタスクを依頼するワーカーを選び、フィジカルタスクの依頼メッセージを送る。どちらのフェーズも既存のクラウドソーシングプラットフォーム上で行うことを想定している。図3と図4は、それぞれ従来手法と提案手法での、アドホックなフィジカルタスクを依頼するワーカーが決定するまでの流れを表している。

ここで、クラウドソーシングプラットフォームにいるワーカーの全体集合を U 、従来手法においてフィジカルタスクを閲覧したワーカーの集合を V_c 、提案手法においてアンケートタスクを閲覧したワーカーの集合を V_p 、従来手法においてフィジカルタスクに応募したワーカーの集合を A_c 、提案手法においてアンケートに回答したワーカーの集合を A_p 、アドホックなフィジカルタスクを依頼することに決めたワーカーをそれぞれ w_c 、 w_p とする。このとき、 $w_c \in A_c$ 、 $A_c \subset V_c$ 、 $w_p \in A_p$ 、 $A_p \subset V_p$ である。

従来手法では、まずリクエスタがアドホックなフィジカルタスクの依頼文や募集期間、報酬などのタスク設計をプラットフォームに登録し、プラットフォームはそのタスクをプラットフォームにいるワーカーに向けて掲載する。その後、タスクを閲覧したワーカーの中から応募があると、プラットフォームは応募

したワーカの情報や応募条件などの応募情報をリクエストに提示する。次に、リクエストは、応募情報をもとにタスクを依頼するワーカを選び、そのワーカと契約することをプラットフォームに入力する。受け取ったプラットフォームはそのワーカに応募者の中から選ばれたことを通知し、ワーカが同意した後に契約するという流れである。

一方で提案手法では、はじめにアドホックなフィジカルタスクをどのような条件で引き受けるかを回答するアンケートを実施する。このアンケートにおいて、回答者は自分ならこの条件でタスクを引き受けるということを回答するため、アンケートに回答したことによってアドホックなフィジカルタスクに応募したとみなすことができる。リクエストは、アンケートの設問や報酬などのタスク設計をプラットフォームに登録し、プラットフォームはアンケートをプラットフォームにいるワーカに向けて掲載する。ワーカがアンケートに回答するとプラットフォームがアンケートの回答と回答したワーカの情報をリクエストに提示する。それをもとにリクエストは、回答者の中からアドホックなフィジカルタスクを依頼するワーカを選び、依頼メッセージを送信する。依頼メッセージを受け取ったワーカは引き受けるか否かの返信を送る。リクエストは、引き受けるという返信だった場合はそのワーカに契約依頼を送る。引き受けないという返信だった場合には別の回答者に依頼メッセージを送り、これを引き受けてもらえるまで繰り返す。

提案手法は、フィジカルタスクの依頼の前にアンケートをとることによって、次の3つのメリットがあると考えられる。1つ目は、リクエストはタスクを依頼するときどのような条件で依頼すれば引き受けてもらえるのかを知ることができることである。従来手法では、はじめにリクエストが報酬などの設定を決めてから掲載するが、その設定によってワーカは応募するか否かを決めるため、設定が適切なものでないとワーカが集まりにくい。しかし、アドホックなタスクの場合、適切な設定がわからないという問題がある。そこで、引き受ける条件についてのアンケートで応募を集めることによって、リクエストは応募してきたワーカがそれぞれどのような条件でタスクを引き受けるのか知ることができ、応募者の希望を踏まえた条件でタスクを依頼することが可能になり、リクエストの想定よりも低い報酬で引き受けるワーカが見つかる可能性があると考えられる。2つ目は、回答された条件でタスクを依頼することで、アンケート回答時にその条件で引き受けると答えたことの一貫性を保とうとする心理が働き、タスクを引き受けてもらいやすいことである。アンケートの回答者が引き受けなければ、この手法によるタスク依頼は成り立たないが、この心理的傾向によってこの手法が可能になると考えられる。3つ目は、閲覧や応募に対するハードルを下げるができるということである。アンケートタスクはクラウドソーシングプラットフォームによく掲載されているタスクであり、慣れているワーカが多くいることと、オンライン上で質問に答えるという単純な仕事内容であることから、閲覧や応募のハードルを下げるができる、閲覧数や応募者数を増やすことができると考えられる。

これらのことから、次の3つの仮説を立てる。

(1) 従来手法と比べて条件が良いワーカに依頼することができる

(2) 提案手法によってアドホックなフィジカルタスクを完了することができる

(3) 閲覧数と応募者数が従来手法に比べて多くなる ($|V_p| > |V_c|$, $|A_p| > |A_c|$)

これらの仮説を検証するために、従来手法と提案手法の比較実験を行った。次の第4章では、その実験について説明する。

4 実 験

4.1 フェーズ1：タスクを掲載して応募者を集める

4.1.1 設 定

実験の目的

実験のフェーズ1では、アドホックなフィジカルタスクを提案手法と従来手法の2つの手法で既存のクラウドソーシングプラットフォームに掲載して応募者を集めることで、従来手法に比べて提案手法の方が閲覧数や応募者数が多いといえるのか検証した。

クラウドソーシングプラットフォーム

掲載する順序や日時による応募者数への影響を避けるために2つのプラットフォームを使用し、提案手法と従来手法で同時にタスクを掲載した。プラットフォームはランサーズ¹とクラウドワークス²を使用した。実験の1回目では、提案手法をランサーズ、従来手法をクラウドワークスで掲載し、実験の2回目では、提案手法をクラウドワークス、従来手法をランサーズのように、掲載するプラットフォームを交互になるように入れ替えながら全部で10回の実験を行った。

アドホックなフィジカルタスクの内容

本実験で依頼したタスクの内容は、知り合いに頼んでGPS付の県庁所在地の市役所の看板アップ写真を撮ってくるというもの。指定した県は、茨城県、静岡県、広島県、新潟県、埼玉県、長野県、岐阜県、愛知県、熊本県、福島県の10県である。報酬は3,000円とした。

使用したプラットフォームの両方において、写真撮影という仕事カテゴリは存在するが知り合いに仕事を依頼するタスクが当てはまる仕事カテゴリは存在しないため、知り合いに写真撮影を依頼するタスクはアドホックなタスクであるといえる。また、オンライン上で完結する仕事ではなく、指定の場所に行く必要があることから本タスクはフィジカルタスクである。さらに、これまで知り合いに写真撮影を依頼するタスクを複数回掲載し、応募者を集めることが困難であったことから、本タスクは従来の手法では応募者が集まりにくく、提案手法を用いる意味があるタスクだと考えた。

掲載カテゴリは、カテゴリの違いによる閲覧数や応募者数への影響を避けるため、提案手法のアンケートをアンケートカテゴリではなく、従来手法と同じカテゴリに掲載した。クラウドワークスでは「その他(カンタン作業)」、ランサーズでは「そ

1: <https://www.lancers.jp/>

2: <https://crowdworks.jp/>

2. あなたはこのタスクを何千円で引き受けますか？ 必須

50文字以下

3. 作業開始から納品までどのくらいの日数が必要ですか？ 必須

50文字以下

4. 撮影を依頼する知り合いとはどのような関係ですか？ 必須

50文字以下

図 5 提案手法のアンケートの質問内容

の他（タスク・作業）」のカテゴリに掲載した。

提案手法のアンケート詳細

図 5 は、提案手法のアンケートの質問内容である。1 問目は希望報酬、2 問目は作業開始から納品までに必要な日数、3 問目は依頼することを考えている知り合いとの関係とした。問 1 で従来手法と同じタスク説明文を読むように指示しているため、回答する質問は 2 から 4 の 3 問となっている。アンケートの報酬は 100 円とした。

掲載情報の比較

指定した県が茨城県の場合の従来手法と提案手法のタスクのタイトルは次の通りである。

- 従来手法

【簡単】茨城県にいる知り合いに写真撮影を依頼してください

- 提案手法

【簡単】茨城県の知り合いに写真撮影を依頼するタスクを数千円で引き受けることが可能な方へのアンケート

タイトルはワーカがタスクを閲覧するかどうかを決める要素の 1 つであるため、タイトルの違いは、従来手法はフィジカルタスクの依頼であり、提案手法はそのタスクについてのアンケートであるというタスク内容の違いのみとなっている。

次に、応募対象者を示す。

- 従来手法

茨城県に知り合いがいらっしゃる茨城県在住でない方

- 提案手法

以下の 2 点に当てはまる方

- 茨城県に知り合いがいらっしゃる茨城県在住でない方

- 水戸市役所の看板のアップ写真 1 枚の撮影を知り合いに依頼するタスクを数千円で引き受けていただける

表 1 新規応募者数、総応募者数、閲覧数の比較：新規応募者数、総応募者数、閲覧数が提案手法の方が多くなる

		新規応募者数 / 総応募者数 / 閲覧数	
撮影場所	実施日	提案手法	従来手法
茨城県	11/9	2 / 2 / 129	1 / 1 / 66
静岡県	11/11	4 / 4 / 126	1 / 1 / 55
広島県	11/14	4 / 5 / 108	0 / 1 / 68
新潟県	11/15	1 / 5 / 104	0 / 1 / 50
埼玉県	11/17	3 / 6 / 124	0 / 1 / 57
長野県	11/18	2 / 6 / 87	0 / 1 / 49
岐阜県	11/19	2 / 4 / 89	0 / 1 / 56
愛知県	11/20	11 / 15 / 144	0 / 1 / 83
熊本県	11/21	1 / 5 / 111	1 / 1 / 79
福島県	11/26	2 / 5 / 86	0 / 1 / 62

可能性がある方

応募対象者は、どちらも指定した県に知り合いがいる指定した県在住でない方とし、提案手法のアンケートはそれに加えて、従来手法と同じタスクの説明文を提示して、そのタスクを引き受けることを可能な方が応募対象者とした。応募者のプロフィールに記載されている在住の都道府県を確認し、プロフィールに記載されていなかった場合には在住の都道府県をメッセージで尋ねた。そして、在住の都道府県が指定した県でないことが確認できた人のみを応募者として数えた。

応募期間はどちらも 4 日間とした。

4.1.2 結果

表 1 は、提案手法と従来手法の新規応募者数、総応募者数、閲覧数を比較したものである。新規応募者数は、同じ手法のタスクに 1 回以上応募したことがある応募者を除いた応募者数である。

これらの閲覧数、総応募者数、新規応募者数について、提案手法の方が従来手法と比べて有意に多いといえるのか調べるため、それぞれ母平均の検定（片側 t 検定）を行った。図 6、図 7、図 8 はその検定結果を示している。閲覧数、総応募者数、新規応募者数を箱ひげ図で表し、p 値をアスタリスクの数で表している。p 値が 0.05 未満の場合はアスタリスク 1 つ、0.01 未満は 2 つ、0.001 未満は 3 つである。赤の箱ひげ図が従来手法、青の箱ひげ図が提案手法である。

図 6 より、閲覧数は p 値 0.001 未満で従来手法に比べて提案手法の方が多いいという結果になった。また、図 7 と図 8 より、総応募者数と新規応募者数は p 値 0.01 未満で提案手法の方が従来手法に比べて多いいという結果になった。次に、閲覧数に対する応募者数の割合について、従来手法に比べて提案手法の方が有意に高いといえるのか調べるために母比率の差の検定を行った。その結果、p 値は 0.000196 となり、提案手法の方が閲覧数に対する応募者数の割合が高いという結果になった。

4.1.3 考察

以上のように、実験のフェーズ 1 では閲覧数、応募者数、新

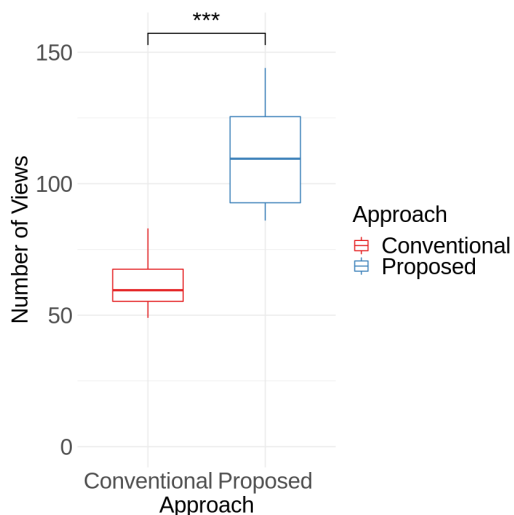


図6 閲覧数の母平均の検定結果：提案手法の方が閲覧数が有意に多いことがわかる。***は $p < 0.001$ を表す

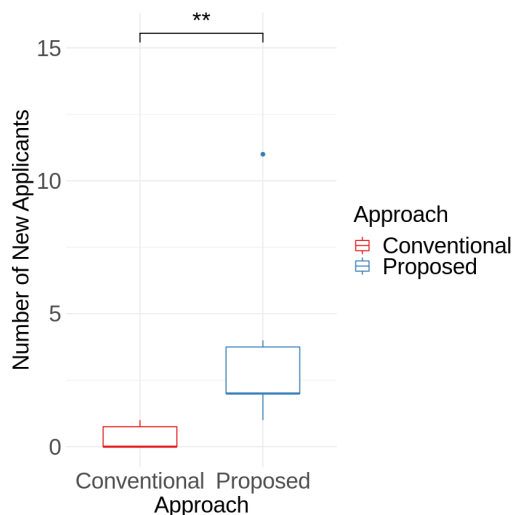


図8 新規応募者数の母平均の検定結果：提案手法の方が新規応募者数が有意に多いことがわかる。**は $p < 0.01$ を表す

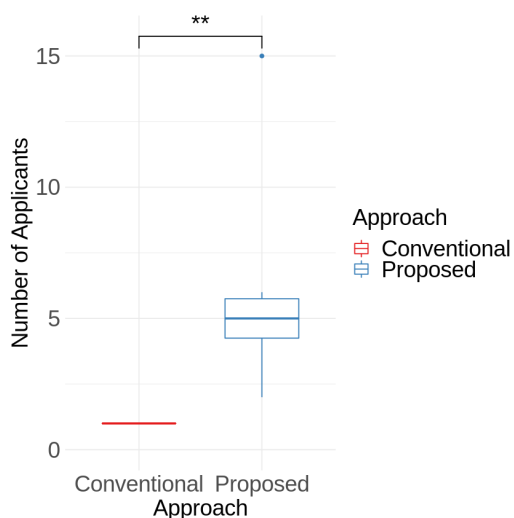


図7 応募者数の母平均の検定結果：提案手法の方が応募者数が有意に多いことがわかる。**は $p < 0.01$ を表す

規応募者数、閲覧数に対する応募者数の割合が従来手法に比べて提案手法の方が有意に多いといえることが分かった。

掲載カテゴリは、従来手法と提案手法で揃えているため、これらの違いはカテゴリによる影響ではなく手法の違いによるものだと考えられる。つまり、従来の手法で掲載されたアドホックなフィジカルタスクよりもそのタスクを引き受ける条件について回答するアンケートの方が閲覧されやすいということである。この原因としては、タイトルにアンケートと書いてあることで、多くのワーカが見慣れているタスク形式であることや質問に答えるという簡単な仕事内容であることがわかるということが考えられる。応募者数については、閲覧数の増加によって、応募者も増加したことが考えられる。また、簡単なアンケート形式で応募が可能であるということと、アンケートの報酬があることで応募するだけで報酬がもらえることが原因となって、閲覧数に対する応募者数の割合が多くなっていると考えられる。新規応募者数についても閲覧数の増加による影響や応募の簡単

さによって提案手法の方が多くなっていると考えられる。

アドホックなフィジカルタスクの依頼を可能にするためには、まず応募者を集めることが必要であり、応募者を集めるためには、多くのワーカにタスクを閲覧してもらうことが必要である。さらに、閲覧数に対する応募者数の割合が高ければ多くの応募者を集めることが可能である。また、新規応募者数を集めることができれば、より条件に合った応募者を選択することが可能になり、特定の人のみに依頼するよりも安定した依頼が可能になる。このように、閲覧数、応募者数、新規応募者数、閲覧数に対する応募者数の割合を従来手法よりも増やすことができたという結果から、提案手法によってアドホックなフィジカルタスクの依頼を可能にするためのワーカの募集が可能になったといえる。

4.2 フェーズ2：応募者の中から依頼するワーカを選んで仕事を依頼する

4.2.1 設定

実験の目的

実験のフェーズ1では、ワーカの募集が可能になった。提案手法が有効であるとするためには、ワーカの募集ができるだけでなく、実際にアドホックなフィジカルタスクが完了できることが必要である。従来手法では、タスク説明文に記載している条件で応募者から応募があり、クライアントはそれに同意するだけで契約することができる。一方で提案手法は、依頼することを決めた応募者にメッセージを送り、条件を承諾してもらう必要がある。そのため、メッセージを送った際に断られたり、返信がなかったりすることが想定される。そこで、実験のフェーズ2では、応募者の中から依頼するワーカを選んで実際にアドホックなフィジカルタスクを依頼することで、次の3点を検証した。

- 提案手法で応募した応募者に実際に仕事を引き受けてもらえるのか
- 提案手法と従来手法で仕事が最後まで完了する

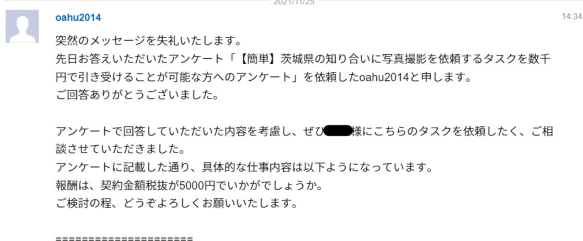


図 9 直接依頼メッセージ文面：プラットフォーム上のメッセージ機能を使用して送信

のか

- 提案手法と従来手法でそれぞれ仕事の依頼にいくらかかるのか

応募者の選択方法

本実験では、フェーズ 1 で集めた応募者の中で、最も低い報酬で引き受け可能である人に仕事を依頼することとした。表 1 で示したように、従来手法では 10 回の実験すべてにおいて応募者が 1 人のみだったため、報酬を契約金額税抜き 3,000 円でそのワーカーに依頼した。提案手法では、アンケート 1 問目の希望報酬の回答を確認し、最も低い報酬を回答したワーカーにその報酬を契約金額の税抜きに設定した条件で仕事を引き受けてもらえるか相談を行った。クラウドソーシングプラットフォームのワーカーに直接メッセージを送る機能を使用し、図 9 の内容のメッセージとタスク説明文を送信した。承諾された場合はそのワーカーに仕事を依頼し、断られた場合や 1 週間以上返信がなかった場合には、その次に低い報酬を回答したワーカーに同じようにメッセージを送信した。

4.2.2 結果

はじめに、提案手法で応募した応募者に実際に仕事を引き受けてもらえるのかについての結果を示す。提案手法のアンケートで最も低い報酬を回答した第一候補者において、断られたかもしくは返信がなかった回数は、実験 10 回中 4 回であった。その 4 回のうち、二番目に低い報酬を回答した第二候補者に断られたかもしくは返信がなかった回数は、0 回であった。すなわち、実験 10 回すべてにおいて、第一候補者か第二候補者のどちらかに実際に仕事を引き受けてもらうことができた。

次に、提案手法と従来手法で仕事が最後まで完了するののかについての結果を示す。表 2 は、契約日と納品日の一覧である。提案手法と従来手法のどちらにおいても契約後に仕事が完了しなかったことはなく、最も納品まで時間がかかった場合でも契約から 2 週間後には納品が完了している。今回の納品物は、GPS 付の写真であったが、提案手法では 10 回中 3 回、従来手法では 10 回中 2 回 GPS が付いていない写真の納品があった。その場合には、画像検索を行ってインターネット上に同じ写真がないことを確認し、撮影日時が依頼を受けてから撮影したものであることを確認したうえで検収完了とした。

次に、提案手法と従来手法でそれぞれ仕事の依頼にいくらかかるのかについての結果を示す。表 3 は、提案手法と従来手法での契約金額の比較である。従来手法では、契約金額税抜き

表 2 契約日と納品日の一覧：すべての実験でタスクが最後まで完了している

撮影場所	提案手法		従来手法	
	契約日	納品日	契約日	納品日
茨城県	11/25	11/27	11/13	11/14
静岡県	11/30	11/30	11/16	11/30
広島県	11/19	11/20	11/22	11/29
新潟県	12/2	12/8	11/26	12/2
埼玉県	12/3	12/5	11/26	11/29
長野県	11/27	11/30	11/26	12/5
岐阜県	12/2	12/5	11/26	12/2
愛知県	11/30	12/5	11/26	11/30
熊本県	11/25	11/30	11/26	11/26
福島県	12/6	12/8	12/2	12/5

表 3 提案手法と従来手法での契約金額の比較：10 回の実験の合計金額が提案手法の方が安い

撮影場所	提案手法	従来手法
茨城県	5,500 円	3,300 円
静岡県	3,300 円	3,300 円
広島県	2,750 円	3,300 円
新潟県	3,300 円	3,300 円
埼玉県	2,750 円	3,300 円
長野県	2,200 円	3,300 円
岐阜県	2,200 円	3,000 円
愛知県	2,200 円	3,300 円
熊本県	2,200 円	3,300 円
福島県	2,475 円	3,300 円
合計	28,875 円	32,700 円

を 3,000 円に設定して依頼しているため、税込みで 3,300 円となっている。撮影場所が岐阜県の実験については、応募時に応募者から提示された条件が契約金額税込み 3,000 円であったため、それに同意して 3,000 円で契約している。従来手法より提案手法の方が契約金額が高かったのは、撮影場所が茨城県の実験のみで、その他の 9 回の実験では従来手法よりも提案手法の方が契約金額が低くなっている。実験 10 回の合計金額を比べると、提案手法の方が 3,825 円安く依頼することができた。

4.2.3 考察

今回の実験では、第一候補者か第二候補者のどちらかには仕事を引き受けてもらうことができ、応募者の全員に断られてしまうことはなかったため、提案手法で実際に応募者に仕事を依頼できるということが分かった。今回の実験で直接依頼を断られた理由は、依頼時期の都合が合わないというものであった。従来手法では、応募者はタスク説明文に記載してある報酬や納品希望日を確認して、その条件に同意した人がその条件で応募するが、提案手法は、応募の時点では納品希望日が明確でなかったことが断られる原因となっていることがわかった。実際に仕事を依頼するときに、すぐに返信がもらえるわけではないということや断られると次の候補者に連絡し、再び返信を待

たなければならないということから、日程の計画が立てにくい
が、アンケートの時点で実際に仕事を依頼する大まかな時期を
記載しておくことでこの問題は解決できると考えている。また、
返信がなかったことについては、実際に仕事を引き受ける気は
ないが、アンケートの報酬を目当てとして回答した応募者がい
ることが考えられる。実際の仕事依頼の連絡を円滑にし、アン
ケートの依頼にかかる費用を抑えるためにも、このような応募
者を受け付けない工夫が必要である。

従来手法でも報酬を高く設定すれば応募者を多く集めること
は可能であるが、契約金額の合計が提案手法の方が安くなった
ことから、提案手法は、アドホックなフィジカルタスクを従来
手法よりも少ない費用で依頼することを可能にしているといえ
る。また、契約金額は実験の前半に比べて後半の方が低くなっ
ていることから、アンケートの依頼を複数回行うことでより少
ない費用での依頼が可能になると考えられる。本実験では、アン
ケートの回答者から希望報酬を最も低く答えた人を選んで直
接依頼したが、何に着眼してワークを選ぶのかによって、アン
ケートの質問内容を変化させることで、着眼する条件に合った
ワークを選ぶことができ、本提案手法をより効果的に利用する
ことができると考えられる。

5 結 論

本論文は、アドホックなフィジカルタスクの依頼において、
一貫性の原理を利用した依頼方法を提案し、従来手法と提案手
法の比較実験の結果を報告した。

実験の結果、提案手法の方が閲覧数、応募者数、新規応募者
数、閲覧数に対する応募者数の割合が多いということが判明し
た。また、提案手法で実際にアドホックなフィジカルタスクを
引き受けてもらうことができ、従来手法と同じように仕事を最
後まで完了することが可能であった。さらに、従来手法よりも
少ない費用で仕事を依頼することが可能であるという結果が示
された。これらの結果から、提案手法は従来手法に比べて多く
の応募者を集め、より少ない費用でタスクを完了させることが
可能であり、既存のクラウドソーシングプラットフォームでア
ドホックなフィジカルタスクを依頼することにおいて、提案手
法が効果的であることが示された。

今後の課題としては、実際に仕事を引き受ける気がないアン
ケートの報酬目当ての応募者を減らす工夫をすることで提案手
法の効率化を図ることや、今回のタスク以外にも従来手法で
応募者が集まりにくい様々なタスクの依頼に活用することが挙げ
られる。

謝 辞

本研究の一部は、JST CREST JPMJCR16E3 および JSPS
科研費 JP21H03552 の助成を受けたものである。ここに謝意を
示す。

- [1] John C. Tang, Manuel Cebrian, Nicklaus A. Giacobbe, Hyun-
Woo Kim, Taemie Kim, and Douglas ‘Beaker’ Wickert. Re-
flecting on the DARPA Red Balloon Challenge. *Communi-
cations of the ACM*, Vol. 54, No. 4, pp. 78–85, APR 2011.
- [2] Uber. <https://www.uber.com> (参照 2022-01-10).
- [3] Uber Eats. <https://www.ubereats.com> (参照 2022-01-10).
- [4] Florian Alt, Alireza Sahami Shirazi, Albrecht Schmidt, Urs
Kramer, and Zahid Nawaz. Location-Based Crowdsourcing:
Extending Crowdsourcing to the Real World. In *Proceedings
of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interac-
tion: Extending Boundaries*, NordiCHI ’10, p. 13–22, New
York, NY, USA, 2010. Association for Computing Machin-
ery.
- [5] ロバート・B・チャルディーニ. 影響力の武器：なぜ、人は動か
されるのか. 誠信書房, 1991年9月1日. 社会行動研究会 訳.
- [6] TaskRabbit. <https://www.taskrabbit.com> (参照 2022-01-
10).
- [7] Gigwalk. <https://www.gigwalk.com> (参照 2022-01-10).
- [8] Airbnb. <https://www.airbnb.jp> (参照 2022-01-10).
- [9] Leyla Kazemi and Cyrus Shahabi. Geocrowd: Enabling
query answering with spatial crowdsourcing. In *Proceed-
ings of the 20th International Conference on Advances
in Geographic Information Systems*, SIGSPATIAL ’12, p.
189–198, New York, NY, USA, 2012. Association for Com-
puting Machinery.
- [10] Peng Cheng, Xiang Lian, Lei Chen, Jinsong Han, and
Jizhong Zhao. Task Assignment on Multi-Skill Oriented
Spatial Crowdsourcing. *IEEE Transactions on Knowledge
and Data Engineering*, Vol. 28, No. 8, pp. 2201–2215, AUG
1 2016.
- [11] Dingxiong Deng, Cyrus Shahabi, and Linhong Zhu. Task
Matching and Scheduling for Multiple Workers in Spa-
tial Crowdsourcing. In Ali, M and Huang, Y and Gertz,
M and Renz, M and Sankaranarayanan, J, editor, *23rd
ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances
in Geographic Information Systems (ACM SIGSPATIAL
GIS 2015)*. ACM SIGSPATIAL; Micorsoft; ESRI; Google;
Facebook; Nvidia, 2015.
- [12] Yongsung Kim, Darren Gergle, and Haoqi Zhang. Hit-or-
Wait: Coordinating Opportunistic Low-effort Contributions
to Achieve Global Outcomes in On-the-go Crowdsourcing.
In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Fac-
tors in Computing Systems (CHI 2018)*. Assoc Comp Ma-
chinery; ACM SIGCHI, 2018.
- [13] Srinivasa Raghavendra Bhuvan Gummidi, Torben Bach
Pedersen, and Xike Xie. Transit-based task assignment in
spatial crowdsourcing. In *32nd International Conference on
Scientific and Statistical Database Management*, SSDBM
2020. Association for Computing Machinery, 2020.
- [14] Dingxiong Deng, Cyrus Shahabi, Ugur Demiryurek, and
Linhong Zhu. Task selection in spatial crowdsourcing from
worker’s perspective. *GeoInformatica*, Vol. 20, No. 3, pp.
529–568, JUL 2016.
- [15] Zhibo Wang, Yuting Huang, Xinkai Wang, Ju Ren, Qian
Wang, and Libing Wu. SocialRecruiter: Dynamic Incentive
Mechanism for Mobile Crowdsourcing Worker Recruitment
With Social Networks. *IEEE Transactions on Mobile Com-
puting*, Vol. 20, No. 5, pp. 2055–2066, MAY 1 2021.
- [16] Ying Zhong, Masaki Kobayashi, Masaki Matsubara, and At-
suyuki Morishima. Does Multi-Hop Crowdsourcing Work?
A Case Study on Collecting COVID19 Local Information.
In *Proceedings of the 2021 IEEE BigData*, pp. 3580–3583,
2021. The 5th IEEE Workshop on Human-in-the-Loop
Methods and Future of Work in BigData (IEEE HMDData
2021).