

成果報酬によるクラウドワーカーの制御

Managing Crowd-workers by Contingent Rewards

堀田裕理*1

Yuri Horita

松原繁夫*1

Shigeo Matsubara

*1 京都大学 社会情報学専攻

Kyoto University

Contingent rewards are a method for managing workers behaviors, especially for avoiding the participation of insincere workers in crowdsourcing environments. However, workers may consider contingent reward as delayed rewards, which gives disincentives to sincere workers and prevent them from participating in the target tasks. To overcome this drawback, we examine a method of forming more than one group that has small number of workers.

1. はじめに

近年、人工知能技術の適用対象としてクラウドソーシングが注目を集めている [小山 14]。本研究では、不誠実なワーカーの参加抑制を目的とした、成果報酬によるワーカーの制御について考察する。

これまでもクラウドソーシングにおける成果報酬が議論されている。王らは不誠実ワーカーの参加抑制を目的とした成果報酬設定法を提案し、有効性を示している [王 12]。これは、不誠実ワーカーに自発的にタスク選択を避けるように誘導し、結果的にタスクを誠実なワーカーにのみ割り当てることをねらったものである。一方、Yin らは成果型報酬を用いてもワーカーの努力水準自体は変化しないと報告している [Yin 13]。王らの研究と矛盾するように見えるが、Yin らの実験ではワーカーを米国居住者に限定しており、その点で差が生じていると考えられる。

さて、成果報酬といっても様々な条件付けが考えられる。例えば、作業量に条件づける場合や作業品質に条件づけるなどである。前者は個々のワーカーの結果のみを見て判断できるが、後者は他のワーカーの結果に依存する場合がある。特にクラウドソーシングでは、品質向上のために 1 つのタスクを複数のワーカーに与え、多数決で 1 つの結果を選択することがよく行われる。このような投票タスクを非常に大規模に実施する場合、成果報酬には別の問題が生じ得る。

タスク全体が終了するまでは何が多数派案になるかわからない。そのため、最初に作業をしたワーカーにとっては、最終結果が決まり成果報酬を得るまでに時間を要することになる。即時に報酬が確定しないという性質は、成果報酬タスクの選択を避ける要因の一つとなる。そこで、本稿では、時間割引の効用関数を想定して、報酬額をどの程度増やす必要があるかを分析し、その解決の端緒を与えることを目的とする。

2. モデル

本稿では王らのモデル化に倣う [王 12]。ワーカーにはタイプとして、誠実ワーカーと不誠実ワーカーが存在する。タスクは文章や画像が与えられたときに、適切なタグを選ぶものを考える。不誠実ワーカーは、どの選択肢が適切かを一切考慮せず、つねにランダムに選択肢を選択する。ワーカープールには十分な数のワーカーが存在すると仮定し、誠実なワーカーの割合を α で表す。一つのタスク処理に必要な費用として、誠実ワーカーには c_S が、

不誠実ワーカーには c_I が発生すると仮定する。回答に際し、専門知識が必要となるようなタスクではなく、同じタイプのワーカーであれば、タスク処理に同じ費用が発生すると考える。当然、 $c_S > c_I$ である。

あるワーカーの回答が多数派案と一致する確率を、誠実ワーカーに対しては p で、不誠実ワーカーに対しては q で表す。本稿では、この多数派案と一致することを回答が正解であると表現する。なお、 $p > q$ と $p > 0.5$ を仮定する。

報酬支払方式として、固定報酬方式と成果報酬方式を考える。固定報酬方式における報酬額を r で表すと、ワーカーの効用は、誠実ワーカーに対して $u_S = r - c_S$ 、不誠実ワーカーに対して $u_I = r - c_I$ となる。一方、成果報酬方式では以下となる。

$$\begin{aligned} u_S &= a + b \cdot f_S / (1 + \beta t) - c_S && \text{; 誠実} \\ u_I &= a + b \cdot f_I / (1 + \beta t) - c_I && \text{; 不誠実} \end{aligned}$$

ここで、 a は初期報酬であり、タスクを選択して回答すれば、正解/不正解に関わらずワーカーに支払われる。一方、 b は回答が多数派案に属した場合、つまり、正解の場合に支払われるボーナスである。また、 f_S は誠実ワーカーが正解を得る確率を、 f_I は不誠実ワーカーが正解を得る確率を表す。なお、何が多数派案となるかは他のワーカーの回答に依存する。つまり、不誠実ワーカーの参入割合によって回答分布が変化し正解も変化する。例えば、自己以外のワーカーが全員不誠実であれば、各選択肢がほぼ同確率で多数派案となる。そのため、 f_S, f_I が p, q にそのまま対応するのではないことに注意されたい。 t はボーナスが得られるまでの遅延時間を表す。 β は遅延による割引の程度を表す。時間割引に関しては指数型など様々なモデルが提案されているが、ここでは、双曲型の時間割引を仮定する [Ainslie 01]。

3. 報酬設定法

本稿では他の依頼者からの同種のタスク依頼が多く存在し、それらでは固定報酬方式が取られていると仮定する。この仮定は Mechanical Turk では成立する。 n ワーカーに依頼する場合のボーナス獲得確率の計算式 (n が奇数の場合) を以下に示す。

$$\begin{aligned} f_S &= \sum_{k=0}^{n-1} n-1 C_k \alpha^k (1-\alpha)^{n-1-k} p^S(k, n-1-k) \\ p^S(k, l) &= p \left(\sum_{i=0}^{(n-1)/2} \sum_{j=0}^i k C_j p^{k-j} (1-p)^j {}_l C_{i-j} q^{l-(i-j)} (1-q)^{i-j} \right) \end{aligned}$$

連絡先: 松原繁夫, 京都大学, 京都市左京区吉田本町

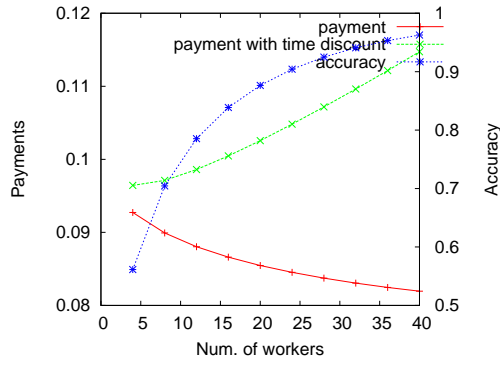


図 1: ワーカ数による報酬額・精度の変化

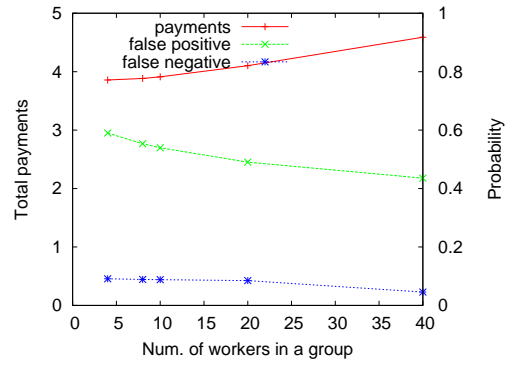


図 2: グループ分割による費用削減と副作用

$$\begin{aligned}
 & + (1-p) \left(\sum_{i=0}^{(n-1)/2} \sum_{j=0}^i k C_j (1-p)^{k-j} p^j C_{i-j} (1-q)^{l-(i-j)} q^{i-j} \right) \\
 f_I = & \sum_{k=0}^{n-1} n_{-1} C_k (1-\alpha)^k \alpha^{n-1-k} p^I(k, n-1-k) \\
 p^I(k, l) = & q \left(\sum_{i=0}^{(n-1)/2} \sum_{j=0}^i k C_j q^{k-j} (1-q)^j C_{i-j} p^{l-(i-j)} (1-p)^{i-j} \right) \\
 & + (1-q) \left(\sum_{i=0}^{(n-1)/2} \sum_{j=0}^i k C_j (1-q)^{k-j} q^j C_{i-j} (1-p)^{l-(i-j)} p^{i-j} \right)
 \end{aligned}$$

よって、不誠実ワーカの参加抑制のためには、以下の条件を満たす報酬額 a, b を見つけねばよい。

$$\begin{aligned}
 a + b \cdot f_S / (1 + \beta t) - c_S & \geq r - c_S && \text{; 誠実} \\
 a + b \cdot f_I / (1 + \beta t) - c_I & < r - c_I && \text{; 不誠実}
 \end{aligned}$$

4. グループ分割による報酬設定

固定報酬タスクの報酬を $r = 0.05$ とし、成果報酬タスクの初期報酬 $a = 0$ 、誠実ワーカの割合 $\alpha = 0.7625$ 、多数派案との一致確率を誠実ワーカに対しては $p = 0.6491$ 、不誠実ワーカに対しては $q = 0.3947$ と設定した場合の、不誠実ワーカ参加抑制を実現するボーナス部分の報酬額を図 1 に示す。ここでは、ワーカ数を遅延時間 t とみなし、割引の程度を表すパラメータを $\beta = 0.01$ と設定している。

図の横軸はワーカ数を表し、図の縦軸には報酬額と真の多数派案が選択される確率を示している。時間割引を考慮しなければワーカ数増加にともない報酬額も下がるが、時間割引がある場合は報酬額が上がる。よって、時間割引を考慮した場合、品質を上げようとすればワーカ数を増やす必要があり、報酬額も増加することになる。

ある程度ワーカ数が増えれば品質改善の程度は小さくなり、より高い品質を求めようとすれば、報酬額が増大することになる。この問題を避けるために、本稿ではワーカをグループに分割することを考える。例えば、1 タスクを 40 ワーカに与える場合に比べて、40 ワーカを 10 グループに分割すれば、個々のワーカにとっては自己を含めて 4 ワーカが集まれば結果を得ることができ、ボーナス獲得の有無を早く知ることができる。事後に 40 ワーカからの結果を集めて多数派案を決定すれば、1 タスクを 40 ワーカに与えた場合と同様の結果を得ることができる。

40 ワーカを 10, 5, 4, 2 個のグループ (各々 1 グループ 4, 8, 10, 20 ワーカ) に分割した場合の支払総額を図 2 に示す。図の横軸はワーカ 1 グループ内の人数であり、縦軸は合計 40 ワーカにタスクを与えた場合の総支払額が示してある。10 グループに分割すれば、分割しない場合に比べて支払額を 15% 程度削減できている。ただし、ワーカにとっては、40 ワーカからの結果の上で考えれば多数派案となるのに支払額を受けられない場合が増加する。図には、そのような擬陽性となる確率と、多数派案でない結果を報告したが報酬が得られる偽陰性となる確率も示してある。偽陰性に関しては元々大きな数値ではなく、グループ分割を行っても影響は小さいことがわかる。

5. むすび

本稿では、クラウドソーシングにおいて不誠実なワーカを排除するための報酬額設定法について検討した。特に、ボーナス部分が遅延報酬として受け取られてタスクが忌避されることを避けるため、ワーカをグループ分割する方法を提案した。

謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費基盤研究 (S) (24220002, 平成 24 年度 ~ 28 年度) の補助を受けた。

参考文献

- [Ainslie 01] Ainslie, G.: *Breakdown of Will*, Cambridge University Press (2001)
- [王 12] 王 美楽, 松原 繁夫: クラウドソーシングにおける不誠実ワーカの排除に向けた報酬設定法の提案, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム (JAWS2012) (2012)
- [小山 14] 小山 聡, 鹿島 久嗣, 櫻井 祐子, 松原 繁夫: 特集「ヒューマンコンピューテーションとクラウドソーシング」にあたって, 人工知能学会誌, Vol. 29, No. 1, pp. 2-3 (2014)
- [Yin 13] Yin, M., Chen, Y., and Sun, Y.-A.: The Effects of Performance-Contingent Financial Incentives in Online Labor Markets, in *Proceedings of the 27th AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI'13)*, pp. 1191-1197 (2013)