

# ひとり集合知を生み出す認知科学的な手法：

## 思考過程の多様性に着目して

余嶺析<sup>a</sup> 藤崎樹<sup>b</sup> 植田一博<sup>c</sup>

### 要約

推定問題において、大人数の回答を集約することで、推定精度が上がるという集合知現象は広く報告されている。集合知が高まる一因としては、集団や推定手法の「多様性」が挙げられる。一方、近年では、個人内で同一問題への複数回推定によって集合知を擬似的に生み出す手法も提案されている。このひとり集合知は盛んに検討されてきたものの、「多様性」という要因に直接着目したものはない。

本研究では、個人が抱える思考過程の多様性に着目した。具体的には、ヒューリスティックに基づく直感的思考と、知識に基づく熟慮的思考を組合せるというひとり集合知を生み出す手法を提案した。行動実験を通し、その有効性を検討した。

実験では、参加者に、一般知識を問う推定問題に対し、1回目の推定では直感的に回答させ、2回目の推定の際には熟慮を促しつつ回答させた。結果、二つの推定を平均化することで、推定誤差が減少し、ひとり集合知の効果が確認された。

JEL 分類番号：D91 D83 D70

キーワード：推定，集合知，二重過程理論，多様性，行動実験

---

<sup>a</sup> 東京大学大学院総合文化研究科修士課程2年 [yulingxi980416@gmail.com](mailto:yulingxi980416@gmail.com)

<sup>b</sup> 東京大学大学院総合文化研究科学術研究員 [bpmx3ngj@gmail.com](mailto:bpmx3ngj@gmail.com)

<sup>c</sup> 東京大学大学院総合文化研究科教授 [ueda@gregorio.c.u-tokyo.ac.jp](mailto:ueda@gregorio.c.u-tokyo.ac.jp)

本研究はJST CREST（課題名「人の関係性と発話表現・文脈依存度の認知科学研究」，課題番号JPMJCR19A1，交付先は東京大学）の助成を受けて実施された。ここで謝意を記す。

## 1. イントロダクション

あるお店の来店者の中で、女性の割合を推定する。あるサービスの利用者の中で、20代の割合を推定する。ビジネスの場面では、このような数値や割合について推定する機会が少なくないだろう。これらの問題をより精確に推定するために、集合知(the wisdom of crowd)と呼ばれる現象が注目されている。

集合知とは、推定問題に対して、大人数の推定値を平均化したものが極めて正確な値を取りうるという現象である(e.g., Surowiecki, 2004)。近年では、この効果がさらに高まる現象が盛んに検討されてきた。特に最近では、「思考過程の多様性」が注目を集めている。例えば、Keck and Tang (2020)の研究では、集団全員に直感的に回答させた、または熟慮の後に回答させた場合(多様性無し)のいずれよりも、半数に直感回答、もう半数に熟慮回答の場合(多様性有り)の方が、集団レベルで高い正確性を記録した。また、Fujisaki et al. (2018)は、集団成員が多様な推論ストラテジーを使う場合に、単一の場合よりも正答率が高い可能性があることを実証した。

しかし、こうした集合知は、周囲に他者が居ないと入手できないという問題を抱えていることも知られている。その代替策として、個人内で集合知を生み出す手法が提案されてきた(以下、「ひとり集合知」と表記; e.g., Vul and Pashler, 2008)。その手法とは、単純には、1つの問題に対して異なる推定を複数回行わせることで、1人で複数人分の推定を擬似的に生み出すというものである。例えば、1回目と2回目の推定の間にタイムスパンを設ける(Vul and Pashler, 2008)、2回目の推定で、1回目の推定を再考させる教示を提示する(Herzog and Hertwig, 2009)、または世間一般の推定値を想像させる(Fujisaki et al., 2017)ことで、それぞれひとり集合知が生成されることが知られている。しかし、筆者らの知る限り、こうしたひとり集合知を生み出す手法の中で、前述の「思考過程の多様性」に着目したものはない。個人間での思考過程の多様性が高い集合知効果をもたらすのならば、個人内でも同様に、思考過程の多様性が集合知効果をもたらす可能性があるだろう。

そこで本研究は、Keck and Tang (2020)の手法を踏襲し、「直感に基づく推定と熟慮に基づく推定を平均化する」というひとり集合知を生み出す手法を考案した。この手法は二重過程理論(dual processing theory)という個人内の思考過程の多様性に関する理論枠組みにも裏付けられている。二重過程理論とは、人の認知過程は速くてシンプルな直感モードと遅くて複雑な熟慮モードからなるという理論である(e.g., Evans, 2008)。この認知過程は、実験では時間制限などで操作される。結果、熟慮条件に比べ、直感条件では、よりヒューリスティックな判断を行うこと等が示されている(e.g. Hilbig et al., 2012)。こうした直感と熟慮の違いは広く明らかにされており(e.g., Evans, 2008)、ひとり集合知のパラダイムにおい

でも有効に働くと筆者らは推測した。

以上を踏まえ、本研究の主な目的は、行動実験を通して、個人内で直感と熟慮を平均化することでより良い推定結果を導くかを実証することである。また、直感、熟慮、平均化という三つの推定戦略のうち、人々は、どちらが最も良い戦略だと認識するかというデータも取得し、さらなる分析として、推定戦略の選択についても検討した。

## 2. 方法

### 2.1. 実験参加者

関東圏の大学の学部生、大学院生 63 名が実験に参加した ( $M_{age} = 21.22$ ,  $SD_{age} = 2.25$ ; 男性 38 人, 女性 24 人, その他 1 人)。参加者には、実験終了後に 1,000 円の謝礼を渡した。

### 2.2. 手続きと課題

実験は Qualtrics 上で実施された。推定課題としては、先行研究(e.g. Herzog and Hertwig, 2009)で用いられた、一般的な知識が問われる割合推定問題のうち 8 問(問題例: 世界中の人々のうち、何%がキリスト教徒ですか?)と日本国内の一般知識を問う割合推定問題 2 問(問題例: 日本成人男子の喫煙率は何%ですか?) 合わせ 10 問を採用した。参加者は 0~100 のスケールバーを用いて回答を行った。問題の順番は参加者ごとにランダム化された。

実験の手続きとして、まず参加者は上述の課題に対して直感推定を行った。具体的な実験操作として、Keck and Tang (2020)の実験操作を参照し、「8 秒以内に深く考えずに、直感で答えてください」という教示文を提示し、8 秒の時間制限内の回答を求めた。8 秒を超過した場合、画面は自動的に次のページに移行する。10 問の直感推定課題終了後、操作チェックとして回答時の思考状態についての質問(質問項目例: 「迷わずに判断した」, 「細かく分析して判断した」)を行い、「まったくあてはまらない」から「よくあてはまる」までの 5 件法で回答を求めた。

次に、30 分の無関係課題を経て、参加者は先ほどと同様の 10 問の推定課題に対し、熟慮推定を行った。具体的には、「直感を無視して、知識や経験を使い、論理的にじっくりと考える」といった教示を与え、時間制限はないと説明した上で回答を求めた。なお、操作チェックの質問項目及び手順は直感推定と同様である。

その後、戦略選択の課題を実施した。参加者にこれまで解いた 10 問の推定課題に対し、「直感による回答値」, 「熟慮による回答値」, 「直感と熟慮の平均値」うちのいずれかを最終的な回答として選択してもらった。戦略選択の課題は一問ずつ提示された。

### 3. 結果

#### 3.1.操作チェックの結果

思考状態の操作は成功したかを確認するために、思考状態の主観評価と回答時間の二つの指標を用いた。結果、熟慮推定( $M_{熟慮} = 2.02, SD_{熟慮} = 0.69$ )に比べ、直感推定( $M_{直感} = 3.27, SD_{直感} = 0.75$ )の方が、思考状態の直感度の主観評価は有意に高かった ( $t[123.26] = 9.73, p < .001$ )。また、直感推定( $M_{直感} = 2.90, SD_{直感} = 0.87$ )に比べ、熟慮推定( $M_{熟慮} = 4.24, SD_{熟慮} = 0.55$ )の方が、思考状態の熟慮度の主観評価は有意に高かった ( $t[104.98] = -10.39, p < .001$ )。さらに、直感推定( $M_{直感} = 7.24, SD_{直感} = 0.94$ )に比べ、熟慮推定時( $M_{熟慮} = 26.95, SD_{熟慮} = 17.24$ )の1問あたりの回答時間(秒)は有意に長かった ( $t[62.37] = -9.06, p < .001$ )。よって、直感と熟慮の思考状態の操作は成功していたと言える。

#### 3.2.ひとり集合知の効果

ひとり集合知の効果の評価指標として、平均化による誤差減少率(% MAD reduction averaging; Herzog and Hertwig, 2014)を採用した。これは、特定の推定の誤差絶対値から平均化の誤差絶対値を引いたものを、特定の推定の誤差絶対値で割り、%をかけることで算出される(計算例: 図1)。この値が0より大きいというのは、単一推定より平均化による推定結果の方がより精確であることを意味する。

分析の結果を図2に示した。まず、参加者ごとに、直感推定と比べた際の平均化による誤差減少率を算出した( $M = 7.5\%, SD = 17.7\%$ )。0を比較基準値に一標本  $t$  検定(両側検定)を行ったところ、平均化による誤差減少率は0より有意に高いことが判明した( $t[62] = 3.37, p = .001, d = .43$ )。次に、参加者ごとに、熟慮推定と比べた際の平均化による誤差減少率を算出した。平均値より6  $SD$  離れていた1つの外れ値を除外した後、一標本  $t$  検定(両側検定)を行った結果、平均化による誤差減少率( $M = 9.3\%, SD = 16.9\%$ )は0より有意に高いことが判明した( $t[61] = 4.34, p < .001, d = .55$ )。よって、直感推定と熟慮推定を平均化すると単一推定のいずれよりも推定精度が上がるようになった。

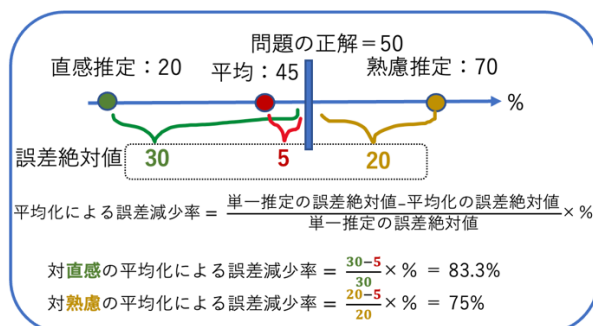


図1:平均化による誤差減少率の計算例.

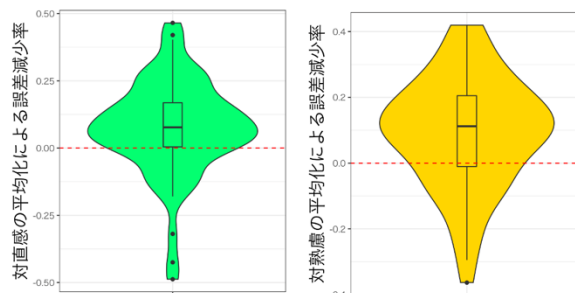


図2:平均化による誤差減少率の分布.

### 3.3. 戦略選択

まず、直感、熟慮、平均化という三つの推定戦略の選択割合を数えた。結果、これら三つの推定戦略を最終回答として選択する割合はそれぞれ 5.9%, 65.1%, 29%であった。つまり、熟慮は最も優れている推定戦略だと認識されていたことがわかる。次に、参加者は推定戦略の優位性に対するメタ認知を持っているかを検証した。参加者ごとに、最も精度の高い戦略を正しく選出した回数を数えた( $M = 3.67, SD = 1.65$ )。ランダムチョイスの 10/3 を比較基準値に一標本  $t$  検定(両側検定)を実施したところ、有意差が見られなかった( $t[62] = 1.61, p = .113, d = .202$ )。つまり、「直感×熟慮」推定のパラダイムにおいて、人々は、最も良い推定戦略を識別する能力があるとは言えないと解釈できる。

さらに、戦略選択の有効性を確かめるために、実際の戦略選択の誤差絶対値( $M = 12.99, SD = 3.65$ )と、一貫した直感推定選択<sup>1</sup>( $M = 13.52, SD = 4.45$ )、一貫した熟慮推定選択( $M = 13.36, SD = 3.76$ )、一貫した平均化選択( $M = 12.13, SD = 3.49$ )、ランダムな戦略選択<sup>2</sup>( $M = 12.87, SD = 3.23$ )の誤差絶対値を算出した。二標本  $t$  検定を行ったところ、実際の戦略選択の結果は、ランダムな戦略選択の結果と有意差が見られず( $t[62] = 0.48, p = 1, d = .06$ )、一貫した平均化選択の結果より劣っている( $t[62] = 2.99, p < .05, d = .38$ )ことが判明した ( $p$  値は Bonferroni 法で調整された)。

## 4. 総合考察

本研究は、行動実験を通して、直感と熟慮を組み合わせることで、より精確な推定を導くことを明らかにした。具体的には、直感推定、熟慮推定のみの場合に比べ、両方を平均化すると、推定精度がそれぞれ 7.5%, 9.3%ほど上昇したことを実証した。つまり、応用的貢献として、本研究は思考過程の多様性に着目した新しいひとり集合知を引き出す手法を開発することができた。

また、理論的貢献として、直感と熟慮両方の組み合わせこそが「合理的」な場合があることを示した。今までの二重過程理論をめぐる議論では、熟慮や知識に基づく推定に比べ直感やヒューリスティックのほうがバイアスをもたらしやすいという主張(e.g. Kahneman, 2011)と、ヒューリスティックは生態学的合理性があり熟慮や知識などに劣っていないという主張もある(e.g. Gigerenzer, 2004)がある。本研究は、「どちらが合理的」ではなく、「両方を補完するとより合理的になる」という理論枠組みを提起した。

---

<sup>1</sup> 全ての課題に直感推定を最終解答として提出すると仮定する状況である。後の「一貫した熟慮推定選択」と「一貫した平均化選択」も同様のプロセスで操作する。

<sup>2</sup> 計算機シミュレーションを用い、参加者・推定問題ごとに、三つの推定戦略から無作為に一つ選び、この過程を一千回繰り返した。参加者ごとに、一千回の誤差絶対値を算出した。

戦略選択に関しては、人々は過剰に熟慮推定を好む傾向があることが示された。この結果は、人々が平均化の効果をしばしば過小評価するという先行研究(e.g., Fraundorf and Benjamin, 2014)の知見と一致する。また、このような熟慮偏重の戦略選択は良い推定結果につながらず、合理的な判断とは言いにくいことも明らかになった。加えて、実際の戦略選択より一貫して平均化戦略を採択した方が推定精度の点で高いことも判明した。平均化の効果はどう人々に気づかせるかは今後の課題となる。

#### 引用文献

- Evans, J. S., 2008. Dual-processing accounts of reasoning, judgment, and social cognition. *Annual Review of Psychology* 59, 255–278.
- Fraundorf, S. H., and Benjamin, A. S., 2014. Knowing the crowd within: metacognitive limits on combining multiple judgments. *Journal of Memory and Language* 71(1), 17–38.
- Fujisaki, I., Honda, H., and Ueda, K., 2017. On an effective and efficient method for exploiting "wisdom of crowds in one mind". In Gunzelmann, G., Howes, A. et al. (Eds.), *Proceedings of the 39th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 2043-2048.
- Fujisaki, I., Honda, H. and Ueda, K., 2018. Diversity of inference strategies can enhance the 'wisdom-of-crowds' effect. *Palgrave Communications* 4, 107.
- Gigerenzer, G., 2004, Fast and frugal heuristics: the tools of bounded rationality. in: Koehler, D.J. and Harvey, N., Eds., *Blackwell Handbook of Judgment and Decision Making*, Blackwell Publishing, Hoboken, USA.
- Herzog, S. M., and Hertwig, R., 2009. The wisdom of many in one mind: Improving individual judgments with dialectical bootstrapping. *Psychological Science* 20(2), 231–237.
- Herzog, S. M, and Hertwig, R., 2014. Harnessing the wisdom of the inner crowd. *Trends in Cognitive Sciences* 18(10), 504–506.
- Hilbig, B.E., Erdfelder, E., and Pohl, R.F., 2012. A matter of time: antecedents of one-reason decision making based on recognition. *Acta Psychologica* 141(1), 9-16.
- Kahneman, D., 2011. *Thinking, Fast and Slow*. Farrar, Straus and Giroux, NYC, USA.
- Keck, S., and Tang, W., 2020. Enhancing the wisdom of the crowd with cognitive-process diversity: the benefits of aggregating intuitive and analytical judgments. *Psychological Science* 31(10), 1272–1282.
- Surowiecki, J. 2004. *The Wisdom of Crowds*. Doubleday & Co, NYC, USA.
- Vul, E., and Pashler, H., 2008. Measuring the crowd within: probabilistic representations within individuals. *Psychological Science* 19(7), 645–647.