

心の状態についての再帰的推論は独立した推論なのか： 高次の志向性を伴う「論理-数学的」課題との関連 Is recursive reasoning of Theory of mind independent? Relationship with mathematical tasks of higher order orientation

時田 真美乃[†], 平石 界[‡]

Mamino Tokita, Kai Hiraishi

[†]信州大学, [‡]慶應義塾大学

Shinshu University, Keio University

m_tokita@shinshu-u.ac.jp

Abstract

This study aims to clarify that logical thinking and Theory of mind in recursive reasoning are related. Preceding studies have shown that recursive thinking is very important in human reasoning. However, no method has been proposed to compare inference of other areas in recursive reasoning. We employed a reasoning task with the "Amount guessing game" embedded in a social context and compared it with iterative processing task. We also analyzed the relationship with a Japanese Version of the Machiavellianism Scale. The results showed that, 1) High scorers in the iterative process tasks also had high scores on the task of theory of the mind. 2) A little relation between the correct answer rate and the average value of the Machiavellianism scale. It was suggested that logical thinking and Theory of mind in recursive reasoning are related.

Keywords -recursion, theory of mind, decision-making

1. はじめに

心の状態についての再帰的事象を認識する能力には、論理-数学的知能が関連するだろうか。心の状態についての推論には、「私は（読者が（この著者は勘違いしている）と思っている）ことを知っている」という再帰的な構造を含むものがある。このような心的状態の理解における再帰性については、社会的知能に関する研究として、Perner & Wimmer(1985)による「心の理論」の視点からの研究が関係する。「心の理論」における研究では誤った信念課題をもとに2次の信念を調べる「2次の信念課題」を開発され、その理解においては6歳から9歳にかけて正答率が上がることが示された^[1]。またその後、再帰的な心的状態の理解は7歳から可能になることが示された^[2]。

また、ADHDや失語症、ADといった症例と再帰的な心の理論の推論の理解の困難さとの関連を示す研究も

ある^{[3]-[4]}。一般的な成人も対象とした高次の心的状態の志向性の理解については、まだ多くの研究がなされていないが、その限界性については5次であるという結果が示されている^[5]。

著者らは大人を対象として、ゲーム課題を用いた高次の志向性を伴う心の理論の課題を開発し調査してきた^{[6]-[7]}。Monty Hall Problemを題材にした課題や、インディアンゲームを題材にした課題である。その中で、2~3次の志向性をもつ課題は多くが正答するが、4.5次の課題になるとその正答率が下がり簡易な推論が使用される傾向も見られた。一方で、これらの正答率と論理-数学的な課題との関連は調査していなかった。再帰的な事象に関する論理-数学的な思考と心の状態についての思考の研究の重要性は過去にも言及されており^[8]、本研究では、金額当てゲームによる他者の信念を類推する課題を開発し、3次および5次の志向意識水準を用いた回答の割合と、論理-数学的課題(for文)の5次までの多重ループ課題との正答の割合の関係性を分析することとした。

2. 本研究の目的

本研究では、「論理-数学的な推論」と「心の状態についての推論」それぞれの再帰的推論に共通性があるかを探る、という大きな目的の中で、それぞれの推論を使用する課題を用意し、課題の正答率やマキャベリズムの得点において同じ傾向、あるいは異なる傾向が見られるかを分析することとした。したがって本研究の目的は以下の2点とする。

- (1) 「論理-数学的推論」を使用する反復処理課題において高次の再帰的推論の正答率が高い人は、心の状態の高次の再帰的推論についても正答率が高い傾向があることを確認する。
- (2) 心の状態の高次の再帰的推論についての正答率

が高い人は、マキャベリアニズム尺度の得点も高い傾向があることを確認する。

(1)については、再帰的な推論を使用する「論理・数学的」課題として、プログラミング言語の基本的な制御構造の反復処理である for 文の多重ループに相当する課題を選んだ。ただし、プログラミング言語に依存せず、プログラミングの知識は全く使用せずに回答することができるものとした。(2)については、マキャベリアニズム尺度（日本語版）^[9]を実施した。また比較として、批判的思考態度尺度^[10]とサイコパシー尺度^[11]についても調査することとした。

3. 手続き

3.1 実施課題

「論理・数学的」推論課題としての反復処理課題については、次に示す内容とした。

[問題]1 から 7 までの数字の書かれたカードがある。このカードから異なる 5 枚のカードを選び 5 桁の数字を作る組み合わせを考える。5 つの数小さい順に並べて考えるとき、次の組み合わせは最初から何番目に出てくるか。

- ① 1 2 3 4 7
- ② 1 2 3 5 7
- ③ 1 2 5 6 7
- ④ 1 3 5 6 7
- ⑤ 2 4 5 6 7

本課題においてはプログラミング言語の基本的な制御処理である for 文の、再帰的な構造を捉えて正しい回答を実施することとなる。5 問の課題が順に 1 次～5 次の志向性に対応している。

また、心の状態の推論課題については、まず金額当てゲーム 1 の課題を開発した（図 1）。

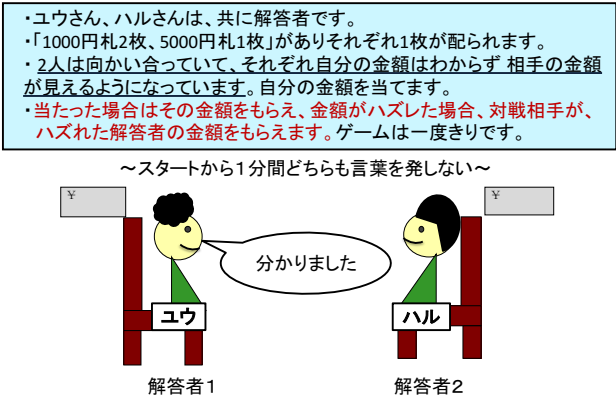


図1 金額当てゲーム 1 (3 次)

文脈の出題者から解答者 2 人に金額が配布され、出題者が 2 人に「自分の金額がわかった時点で言ってください」と話す状況において、1 分ほど経ってもいずれも言葉を発しない状況が示される。その上で、解答者 1 が「わかりました」と予想した値を発言するという文脈となる。この文脈においては、心の状態についての志向性の 3 次までが使用可能となる。

また、この課題をさらに次元を高いものとして金額当てゲーム 2 の課題を開発した。金額当てゲーム 1 に前提条件を追加したものとなる。（図 2）

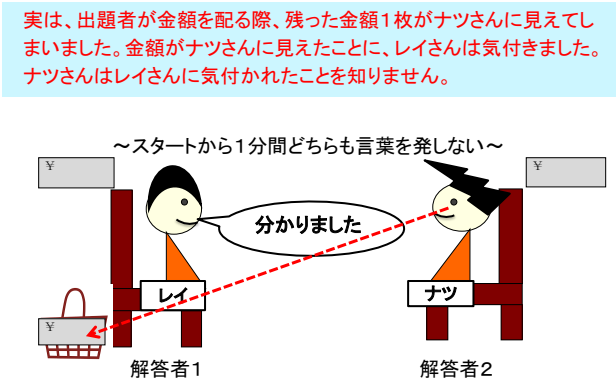


図2 金額当てゲーム 2 追加条件（5 次）

この文脈においては、心の状態についての志向性の 5 次までが使用可能となる。

これらの課題をもとに、「回答者のどちらが金額をもらえる可能性が高いか」「それぞれの金額はいくらであったと考えられるか」の 2 つの設問を設けた。また、いずれの設問も回答には 3 つの選択肢を用意した。1 つ目の設問に対する選択肢は「解答者 1」「解答者 2」「同じ」の 3 つとなり、2 つ目の設問に対する選択肢は「解答者 1:1000 円, 解答者 2:1000 円」

「解答者 1:1000 円,解答者 2:5000 円」「解答者 1:5000 円,回答者 2:1000 円」の 3 つとなる。

またこれらの心の理論の正答との関連は図 3 に示す。

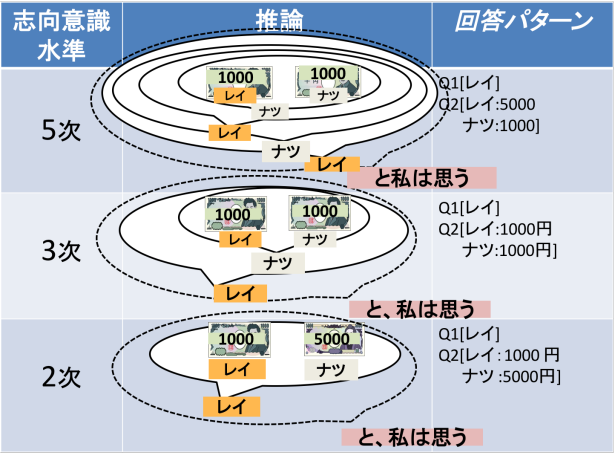


図 3 志向意識水準と回答パターンの関係

心の状態についての再帰的推論を実施した場合は、図 3 のような回答パターンが考えられ、金額ゲーム 1 においては、3 次の志向性 (志向意識水準) ,金額ゲーム 2 においては、5 次の志向性を使用した回答を正答とした。

3.2 実施環境

実施環境は大学の授業内で初年次学生に対して行った。尺度については資料配布により実施し、課題については、別の日に WEB による一斉回答を実施した。参加者は 104 名。(男性 85 名,女性 19 名) 平均年齢は 18.0 歳であった。

4. 結果

4.1 「論理-数学的課題」と「心の理論課題」の比較

金額ゲーム 1,2 における回答は表 1 の通りとなった。

表 1 金額ゲーム 1,2 の回答率

回答群	金額ゲーム1	金額ゲーム2
解答者1	57.5	11.5
解答者2	9.4	77.4
同じ	32.1	9.4

いずれの課題も課題内で統計的有意差が確認され ($p<0.001$) また、課題間においても、表 2 の結果と合わせ

て、心の状態についての再帰的な推論としての正解に対応する回答が最も多い結果であった。

表 2 金額ゲーム 1,2 の正答率 2

回答群	金額ゲーム1	金額ゲーム2
1000円,1000円	87.5	20.2
1000円,5000円	10.4	14.2
5000円,1000円	1.9	64.2

この一般的な回答の結果については、従来の研究結果と一致する結果であった。その上で、今回比較した「論理-数学的」課題との関連の分析結果を示す。反復処理課題について 5 問とも正答したのは 31 名となり、全体に対して 29.8%であった。

次に、「論理-数学的」課題の正答者における金額ゲームの解答を比較した結果を表 3, 4 に示す。

表 3 「論理-数学的」課題と比較した回答率 1

回答群	金額ゲーム1		金額ゲーム2	
	for文5点満点	for文5点未満	for文5点満点	for文5点未満
解答者1	61.3	54.3	14.3	11.4
解答者2	9.7	10.0	85.7	78.6
同じ	29.0	35.7	10.7	10.0

表 4 「論理-数学的」課題と比較した回答率 2

回答群	金額ゲーム1		金額ゲーム2	
	for文5点満点	for文5点未満	for文5点満点	for文5点未満
1000円,1000円	90.3	87.1	19.3	21.4
1000円,5000円	6.5	11.4	12.9	15.7
5000円,1000円	3.2	1.4	67.7	62.9

表 3,表 4 は「論理-数学的」課題としての反復処理(for文)の満点の群とそうでない群とを比較した結果である。結果は、金額ゲーム 1,2 いずれもにおいて、for 文 5 点満点の「論理-数学的」課題の正答者については、心の理論の正答率も高いという傾向が見られた。

4.2 マキャベリアニズム尺度との関連

また、尺度についての結果を次に示す。全体の結果は批判的思考程度の平均値は、108.9($SD=15.6$)、マキャベリアニズム尺度の平均値は、77.4($SD=10.8$)、サイコパシー傾向の平均値は 47.6($SD=8.9$)であった。また「論理-数学的課題」及び心の状態についての課題との関連における平均値について表 5 に示す。

表 5 各尺度の平均値と課題の関連

尺度	全体	for文5点満点	for文5点未満	ToM正答	ToM不正答
批判的思考態度	108.9	108.5	109.8	111.0	106.8
マキャベリアニズム	77.4	79.0	76.8	78.8	76.1
サイコパシー	47.6	47.3	47.6	47.2	47.8

表5における「ToM 正答」とは、金額ゲーム1の設問2問共に心の理論の課題として正答した群となる。

この結果から、「論理-数学的課題」「心の理論の課題」いずれもにおいて正答した群のマキャベリアニズムの平均値の方が若干高い傾向が見られた。

5. おわりに

これらの結果から、筆者らの開発した課題において、「論理-数学的」思考を使用する反復処理課題の高次の再帰的推論の正答率が高い人は、心の状態の高次の再帰的推論についても正答率が高い傾向があることが示された。また、心の状態についての正答率が高い群も、論理数学的課題の正答率が高い群も、マキャベリアニズム尺度の平均得点においても若干高い傾向があることが確認された。

これらの結果から、再帰的事象の推論の一部について、社会的知能と論理-数学的知能が共通領域として存在する可能性と、共通領域があるかはわからないが、論理-数学的な再帰的思考能力の高い人は、その知能を使用して、社会的知能の課題を解いている可能性も考察される。一方で、本研究は再帰的推論を使用する課題に対する推論結果の一例に過ぎず、今後さらなる実証的な研究を重ねての議論が必要となる。

参考文献

- [1] Perner,J.,&Wimmer,H.(1985) “John thinks that Mary thinks that...”:Attribution of second-order beliefs by 5-to-10-year-old children, *Journal of Experimental Child Psychology*,39,437-471.
- [2] 林創 (2002) 児童期における再帰的な心的状態の理解, *教育学研究*,50,43-53.
- [3] Stephanie Caillies, Vincine Bertot,Jacques Motte,Christine Raynaud and Michel Abely (2014) “Social cognition in ADHD: Irony understanding and recursive theory of mind”, *Research in Developmental Disabilities*, Vol. 35, pp. 3191-3198
- [4] Zoltan Banreti, Ildiko Hoffman and Veronika Vincze (2016) “ Recursive Subsystems in Aphasia and Alzheimer’s Disease: Case Studies in Syntax and Theory of Mind” , *frontiers in Psychology*, Vol.7,pp1-21
- [5] Natjan Oesch , Robin I.M. Dunbar (2017) “The emergence of recursion in human language : Mentalising Predict recursive syntax task performance” , *Journal of Neurolinguistics* , Vol43,pp95-106
- [6] 時田真美乃(2006), 確率判断課題における「心の理論の優先性」:Monty Hall Problem の変形問題を用いて;認知科学,Vol13,No1,pp125-128 2006
- [7] 時田真美乃,平石界 (2015) 推論課題における情報優位者の存在と「心の理論」の回答の関係性,日本人間行動進化

学会

- [8] 林創 (2003) 再帰的な事象についての心理学的考察,京都大学大学院教育学研究科紀要,49:290-302
- [9] 中村敏健,平石界, 小田亮,齋藤慈子, 坂口菊恵, 五百部裕, 清成透子, 武田美亜, 長谷川寿一(2012), マキャベリアニズム尺度日本語版の作成とその信頼性・妥当性の検証, *パーソナリティ研究* 第20巻,第3号,pp233-235
- [10] 杉浦義典・佐藤 徳 (2005). 日本語版 Primary and Secondary Psychopathy Scale の妥当性 日本心理学会第69回大会発表論文集, pp407.
- [11] 平山るみ,楠見孝(2004), 批判的思考態度が結論導出プロセスに及ぼす影響, *教育心理学研究*, Vol.52,No. 2 pp186-198