

心的変換における方略の個人差

野田満
(江戸川大学)

シンポジウム：アファンタジアの子どもの認知発達
認知発達理論研究会 Zoomによるオンライン開催
2023.9.23

話しの内容

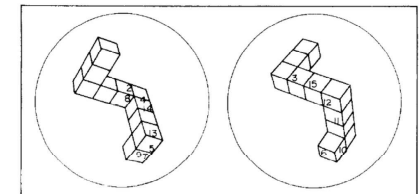
- はじめに：それまでの研究データに潜むアファンタジアの子ども
- メンタルローテーションでの論争
 - Phylsynの批判
 - イメージ論争と表象の形式の違いが方略に繋がる
 - アファンタジアにおける高橋・相場(2023)によるKosslynモデル修正の提案
- メンタルローテーションの方略
 - Marmor & Zabakの(1976)見解
 - Flavell(1971)の認知方略
- ジェスチャーの役割
 - Göksum, Goldin-Meadow, Newcombe, & Shipley (2013)のメンタルローテーションの見方
 - Ehrich, Levine, & Goldin-Meadow (2006)における表象的ジェスチャーを算出しない子たち
 - Chu & Kita (2011)の思考と一致したジェスチャー (co-thought gesture)
- メンタルローテーションの方略(2)
 - Noda (2010) の再分析と反応時間と正反応
- まとめ：6つの疑問

はじめに

- アファンタジアの子どもや人たちが、自分では気づかずに、他者とは違う仕方で心的変換（イメージ）課題を解いているとしたら、どのような仕方で解いているのだろうかという疑問から、関連するいくつかの研究を整理してみた。
- わかってきたことは、記憶の仕方や解き方が異なっていて、それが結果的に正しい答えを導く場合もあるので、なぜそういう方略なのかという点で、さほど重視されてなかったのではないかということ。
- 日常の課題の多くはプロセスは重視されず、結果（end-product）を問うているために、覆われていたのかもしれない。
- これがアファンタジアの解き方だという決め手は、この時点でまだ見当たらない。

Pylyshynによるメンタルローテーション批判 (Pylyshyn, 2002)

- Pylyshynによると、Shepard & Metzler(1971)の、比較を行う際に図形を回転させるという現象論的説明は受け入れることは出来る。
- 刺激全体がひとかたまりの鋼体(rigid form)として心の中で動いているのかどうかは大いに疑問。
- 視線走査すると、交互に見比べている (Just & Carpenter, 1976)
- 回転を行っているとしても、表象の形状については何もわからないはず。表象が絵的、描写的という見解を支持するものではない。



Pylyshyn, Z. W. (2002). Mental imagery: In search of a theory. *Behavioral and brain sciences*, 25(2), 157-182.

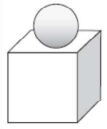
FIG. 9. The figure indicates the sequence of fixations on a correct Different trial. The subject's total response latency was 5868 msec of which 6% had no visible eye spot. See Table—Fig. 9 for the locus and duration of the fixations.

イメージ論争は形式の違いが争点であった

命題 (propositional) 形式と描写 (depictive)形式

- (1) 表象の仕方がそれぞれ異なる
- (2) 命題表象と描写表象
- (3) 異なる形式コードを想定している
- (4) それぞれ特有の統辞論 (syntax) をもっている
- (5) 特有の意味論 (semantics) をもっている

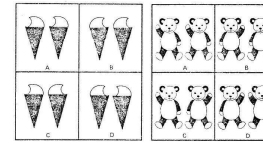
Table 1.1
Summary of Properties of Propositional versus Depictive Formats

	Propositional	Depictive
Example	ON(BALL, BOX)	
Syntax:		
Symbols		
	Belong to form classes:	Are points, which can vary in:
	Relations (e.g., ON)	Size
	Entities (e.g., BALL)	Intensity
	Properties (e.g., RED)	Color
	Logical relations (e.g., NOT, ALL)	
Rules of Combination		
	Must have at least one relation: must have symbols for entities that satisfy requirements of relation	Points are placed in relative locations in a space

Kosslyn, S. M., Thompson, W. L., & Ganis, G. (2006). *The case for mental imagery*. Oxford University Press.
武田 (監訳) 2009 心的イメージとは何か 北大路書房

子どものメンタルローテーションの方略

• Marmor (1975,1977)



Marmor,1977より

- (1)Marmorの場合は、回転練習させ、運動イメージ (kinetic imagery) を用いるようには教示しているが、Piaget &Inhelder(1971)では行っていないという点。
- (2)Flavel (1971) の喚起可能性 (evocability) と利用可能性 (ulirizability)

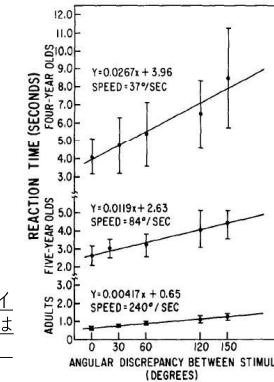


Figure 2. Reaction time means and least squares fits of the means for four-year-olds, five-year-olds, and adults. The slopes are given in units of (seconds/degree). The 95% confidence limits about each mean are based on the t-distribution.

前操作期の子どもは、動きの無い対象には注意し、ある位置から別の位置へと変換する動きの場合には、その間の対象を無視してしまうと考えている。最終的には、動いている対象の中間の位置をイメージによって表象するのだろうと想定した (Marmor,1977より)。

中間がどう見えるかを問うている

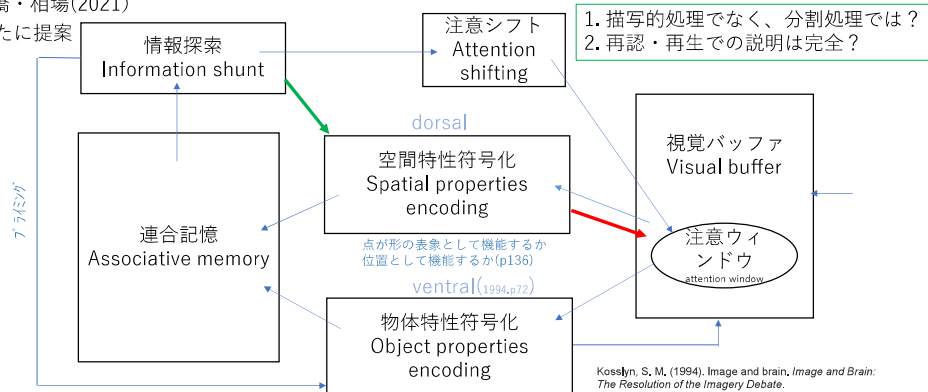


視覚イメージを前提に論じている

Marmor, G. S. (1975). Development of kinetic images: When does the child first represent movement in mental images?. *Cognitive Psychology*, 7(4), 548-559.
Marmor, G. S. (1977). Mental rotation and number conservation: Are they related?. *Developmental Psychology*, 13(4), 320.

アファンタジアにおけるKosslynのモデルへの追加修正 (参考: 高橋・相場, 2021)

- 高橋・相場(2021)
- 新たに提案



Kosslyn (1994, 2006/2009)

Kosslyn, S. M. (1994). *Image and brain: The Resolution of the Imagery Debate*.
高橋純一・相場次朗, (2021). アファンタジア(aphantasia)に関する研究の動向 *Japanese Psychological Review*, 64, 161-174

子どものメンタルローテーションの方略

• Marmor & Zaback (1976)

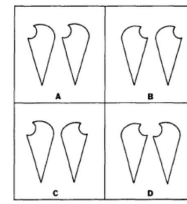


Figure 1. The exhaustive set of stimulus pairs: same pair (A), same pair (B), different pair (C), and different pair (D).

Marmor, G. S., & Zaback, L. A. (1976). Mental rotation by the blind: does mental rotation depend on visual imagery?. *Journal of Experimental Psychology: human perception and performance*, 2(4), 515-521.

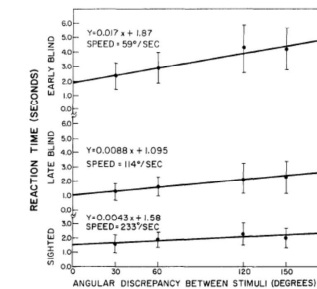


Figure 2. Reaction time means and least squares fits of the means for early blind, late blind, and sighted as a function of angular separation between stimuli. (Slopes are given in units of sec/degree. The 95% confidence limits about each mean are based on the t-distribution.)

先天性視覚障害 (congenitally blind) はおそらく形を視覚的に表現する能力を持っていないことから、今回の結果は、心的回転が視覚的イメージに依存しないことを示唆している。したがって、視覚的イメージが心的回転に必要な要素であるかどうかという現在の推測に関しては、今回の結果はそうではないことを示唆している。(Marmor & Zaback,1976より)

ジェスチャーの役割 (1)

Göksum, T., Goldin-Meadow, S., Newcombe, N., & Shipley, T. (2013). Individual differences in mental rotation: what does gesture tell us?. *Cognitive processing*, 14, 153-162.

- Göksum, Goldin-Meadow, Newcombe, & Shipley (2013)
 - メンタルローテーション課題での能力の違いが、課題解決中のジェスチャーに現れるかどうかを検討
 - 参加者：18-25歳
- 1, MRT-A (Peters et al.,1995) の得点で高得点、低得点の2群に分けている。
 - 2, 対のブロックの異同判断を求め、その解き方について尋ねている。



Fig. 1 Sample stimuli from the Mental Rotation block test

ここで、あらかじめ2群に分けている能力は、メンタルローテーション能力といっても、空間視覚化能力 (visualization) である。

ジェスチャーの役割 (1)

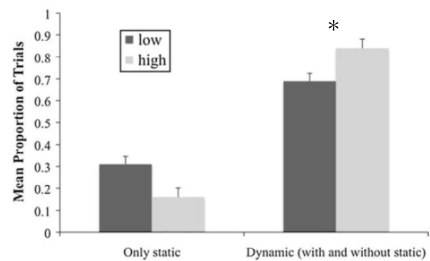


Fig. 4 The proportion of trials on which low-spatial (dark gray bars) and high-spatial (light gray bar) participants produced only static or dynamic (with or without static) information in gesture

Visualizeの程度とジェスチャーの違い		
	静的 (static)	動的 (dynamic)
内容	発話しながら、ブロックのひとつを指差しするとか、ブロックの性質を説明 (手のひらを上向きにし、湾曲の形にして見せるなど)	発話しながら回転運動や、左から右、あるいは前後といった動き (時計の方向に人差し指を回す動きをして見せるなど)



Low group (=空間視覚化能力の低い群) では空間関係の記述のようにジェスチャーしている? 一方で、high groupではダイナミックに全体を変換しようとしているのではないか?

ジェスチャーの役割 (1)

静的ジェスチャー (static) のみを対象

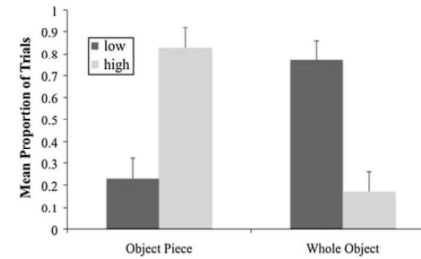


Fig. 8 The proportion of trials containing iconic gestures, categorized according to whether the gesture represent the whole object or a piece of the object, produced by participants in the low (dark gray bars)- and high (light gray bar)-spatial ability groups

	MRTIによる空間視覚化 (visualization)	
映像的ジェスチャー (iconic gesture)	Low group	High group
全体 (whole)を示す	77%	17%
部分 (pieces)	23%	83%
ジェスチャーの現れ方	ブロックの全体を表わそうとしていた (歪めた手の形でブロック全体を表現)	ブロックの部分を強調していた (例えばブロックのアームのL型)

刺激対象を見ながら解き方をたずねていた。空間視覚化能力low groupは外形的視覚的な内容をジェスチャーで再現しようとし、空間能力high groupは、刺激内に備わる特徴に注目していた。

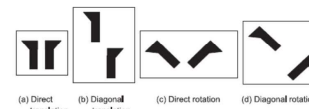
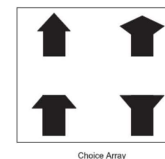
High groupが視覚的に焦点化される部分の特徴を再現したのは、空間特性ではなく対象特性に注意が向いたからではないか

ジェスチャーの役割 (2)

Ehrlich, S. B., Levine, S. C., & Goldin-Meadow, S. (2006). The importance of gesture in children's spatial reasoning. *Developmental psychology*, 42(6), 1259-1268.

- Ehrlich, Levine, & Goldin-Meadow (2006)

ジェスチャーは空間情報をとらえるのに適している (McNeill,1999; Kita & Özyürek, 2003)、空間について話す際に頻繁にジェスチャーが現れている。



Four types of Pieces Cards for above Choice Array

Figure 1. Spatial transformation items: example of the four problem-type configurations (using a shape with vertical symmetry). These items also exemplify the four test forms: A is the target in Form A; B is the target in Form B; C is the target in Form C; and D is the target in Form D. The positions of the pieces were counterbalanced over the four forms.

- 心的変換でのジェスチャーの役割の検討
- 成人と同じく男児や女児で解き方に差があるか

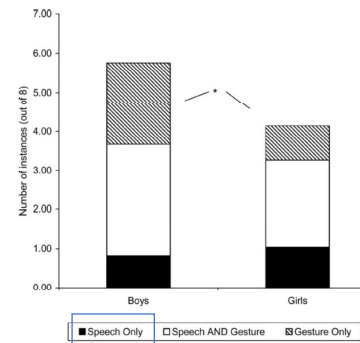
- 参加児：5歳児80名
- 2つの図形を組み合わせたら、4つの内のどの図形になるかを問い、どのようにしてその答えを導き出したかを尋ねている。

ジェスチャーの役割 (2)

方略の符号化

カテゴリー	定義	発話定義	ジェスチャーの例
Movement	部分の動きを示している場合	「スライドさせるとこんな感じになるの」	手を使って部分を動かす真似をする
Perceptual features	子どもが図形の部分あるいは全体の特徴に注目していることを示す場合	「ここが少し曲がっていて、ここが、かっこになっているから」	特定の特徴を指し示すとか、特定の特徴の輪郭をなぞること。
Perceptual whole	子どもが各部分を全体として見ている場合	「それ、矢に似てる！」	(特無し)
Alignment	図全体の中の対応するところに、部分を置く場合	「これはこんなふうに、この上に入る」	指を図形の部分の上に置き、その形を維持しながら、手を全体の形の対応するところに置く。
Vague	方略を示そうとするが、コーダーがその説明を明確に理解できない場合。	「それを注意深く見て、違いを調べたから」	特定の方略を示しているようには見えない、図の上で手を振るジェスチャー (waving gesture)
Other	ここに示した以外の方略	「えっとこれ、その半分という感じ。でも、だから半分の2つが全体を作る」	対称線を表すために、手を使って形全体の真ん中を通る直線を作ろうとする。
No strategy	子どもが回答がわからないことを示す場合	「わかりません」	手のひらを上に向け、不確かさを示す。

ジェスチャーの役割 (2)



* $p < .02$, comparing Gesture Only for Boys and Girls

Figure 3. The number of movement strategies produced by boys and girls on the eight probe questions in speech only, speech + gesture, and gesture only. * $p < .02$, comparing gesture only for boys and girls.

メンタルローテーションを行う上で、男性はholistic、女性はpiecemealアプローチ (Kail, Carter, & Pellegrino, 1979)を用いとされている。

男児と女児の差

- Gesture onlyでのみ男児が女児より有意に多い
- 男児の方が女児よりMovementに関するジェスチャーをより多く行っていた。
- Levine課題では男児が女児より良い成績であった。



ジェスチャー使用における幼児の性差は、Kail et al.(1979)の全体と部分処理に関する性差と関連すると推測される。女児がどのような方略をおこなっていたか、また少数のSpeech Only者がどうであったかの分析は重要。しかしこの論文では、そこはふれていない。

ジェスチャーの役割 (2)

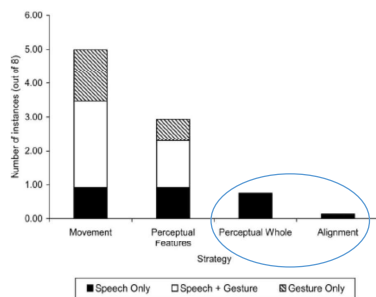


Figure 2. The number of times that each strategy was mentioned on the eight probe questions in speech only, speech + gesture, and gesture only.

74%の子どもが、上記4カテゴリーに分類された MovementとPerceptual Featureが頻繁に出現

- 4種類の方略それぞれでの使用平均の数
- 発話とジェスチャーの組み合わせ
 - (1)発話だけ (ジェスチャーを行わないか、行っても異なる方略で発話する。)
 - (2)発話とジェスチャー (ジェスチャーと発話と同じ方略で示される)
 - (3)ジェスチャーだけ (発話が無いが、あっても異なる方略でのジェスチャー)



発話だけの伝達はどのような時か (ジェスチャーの役割とは?)

- Perceptual WholeやAlignmentでは、一切ジェスチャーは無く、発話だけになっている。では、アファンタジアの子はどのようなジェスチャーをするのだろうか?

ジェスチャーの役割 (3)

Chu, M., & Kita, S. (2011). The nature of gestures' beneficial role in spatial problem solving. *Journal of experimental psychology: General*, 140(1), 102.

Chu & Kita (2011)

表象的ジェスチャー (representational gestures)

Ex1. 空間視覚課題 (spatial visualization task) を解くのが困難な場合は、思考と一致したジェスチャー (co-thought gesture) を頻繁に算出するだろう。
Ss:大学生32名

McNeill (1992) の分類に従っている。対象そのものの情報や知覚情報を表わしている。例えば、親指と人差し指を向かい合わせにして、手を回転させると、あたかも手で対象物を握って回しているような動き。あるいは対象物の回転をシュミレートするように、人差し指で円を描くとか、構成要素を単に指さすといったものも含まれる。

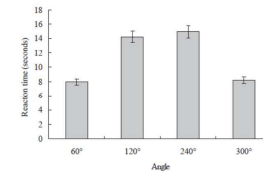


Figure 2. Mean reaction times in the four rotation angles in Experiment 1. The error bars represent standard errors.

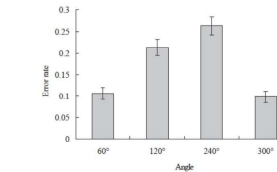


Figure 3. Mean error rates (proportions of trials with an erroneous response) across four rotation angles in Experiment 1. The error bars represent standard errors.

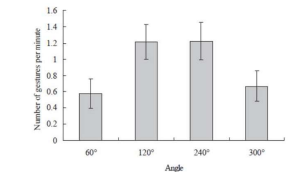


Figure 4. Mean representational gesture rates across four rotation angles in Experiment 1. The error bars represent standard errors.

ジェスチャーは視覚的映像の延長線かもしれないが、視覚的な予期が困難となってジェスチャーが現れる。

子どものメンタルローテーションの方略(2)

Noda (2010)

幼児がメンタルローテーションを解く際の手操作のあり方

- 3,4,5歳児
- 対提示された傾いた図形の異同を調べる課題

この課題の場合は、刺激となる図形は課題遂行中、対提示され続けているので、視覚的に比較可能で記憶の形式は問えない。手操作による解決方略がどのように現れるかに主眼が置かれたもの。

ただし、子どもが見比べる際に手掛かりをいかに用いていたかを再度確認することは重要と考えられる。

Categories	Situation	Explanation
Pile		Children superimposed the plate on the screen flag stimulus.
Juxtaposition		Children placed the plate side by side with the stimulus.
Transparence		Children see the stimulus through the plate as if transparency.
Canonical		Children arranged the plate perpendicularly.
Reverse		Children placed the plate inside out.
Hold	-----	Children held the plate and answered without any manipulation.

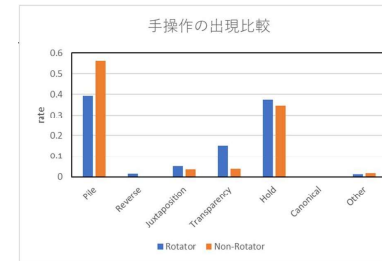
Figure 3. Schema of the situation for each manipulative category with Flag 1.

Noda, M. (2010), Manipulative strategies prepare for mental rotation in young children. *European Journal of Developmental Psychology*, 7(6), 746-762.

子どものメンタルローテーションの方略(2)

Noda (2010)のデータを用いて、RotatorとNon-rotatorの各カテゴリーの頻度の比較を行ってみた。

	Rotator		Non-Rotator		p	φ
	%	%	%	%		
Pile	0.394	0.562	0.000	**	0.166	
Reverse	0.014	0	0.004	**	0.075	
Juxtaposition	0.051	0.035	0.231	ns	0.035	
Transparence	0.153	0.037	0.000	**	0.199	
Hold	0.375	0.347	0.347	ns	0.027	
Canonical	0.002	0.002	1.000	ns	0.018	



- Pileでnon-rotator
- ReverseとTransparencyでrotatorでの頻度が高かった。

①Pileに比べてReverseやTransparencyは片方の視覚的映像を一時保持しておかなければならない。その意味で、アファンタジアにはなじめない方略かもしれない。

②non-rotatorは一定の速度で回転しているとは言えない反応を示した子ども (Estes基準) だが、仮に、反応時間ではなく正答数が極めて高いなら、回転以外の方法で確実に解いていた可能性が高い。

つまり、non-rotatorの中で正答数が高かった子どもがどのような方略を用いていたかが重要となる。

子どものメンタルローテーションの方略(2)

TABLE 1
Summary of the frequency of manipulative strategies with mental rotators and non-rotators

Categories	Rotator				$\chi^2(2)$	p	Non-rotator				$\chi^2(2)$	p
	3 year (f=80)	4 year (f=140)	5 year (f=290)	Total			3 year (f=260)	4 year (f=140)	5 year (f=200)	Total		
Pile	40.0	25.0	46.2	39.4	17.796	.001	47.7	75.0	54.0	56.2	28.135	.001
Reverse	6.3	0.0	0.7	1.4	17.006	.001	0.0	0.0	0.0	0.0	—	ns
Juxtaposition	10.0	12.1	0.3	5.1	31.877	.001	0.0	0.0	10.5	3.5	43.523	.001
Transparence	0.0	30.0	12.4	15.3	39.672	.001	0.8	12.9	1.0	3.7	43.683	.001
Hold	40.0	31.4	39.7	37.5	2.991	ns	50.0	10.0	32.0	34.7	65.228	.001
Canonical	1.3	0.0	0.0	0.2	—	ns	0.0	0.0	0.5	0.2	—	ns
Other	2.5	1.4	0.7	1.2	1.873	ns	1.5	2.1	2.0	1.8	0.231	ns
Total	100.0	100.0	100.0	100.0			100.0	100.0	100.0	100.0		

Note: A mental rotator is defined as a child who met a coefficient of determination of $r^2 > .44$, and a non-rotator is a child who was below this coefficient. Frequencies of F1 and F2 were pooled into rotator and non-rotator individually in each category.

Rotatorとnon-rotatorとに分ける方法：0, 45, 90, 180度に従い反応時間が増加すると仮定した線形式への適合度 (Estes,) に基づいて分類が行われた。Non-rotatorはこの基準からはずれる。

子どものメンタルローテーションの方略(2)

TABLE 2
Gender differences of manipulative strategies in the 3- to 5-year-old children

Categories	Rotator				Non-rotator			
	Boys (f=330)	Girls (f=180)	$\chi^2(1)$	p	Boys (f=200)	Girls (f=400)	$\chi^2(1)$	p
Pile	33.0	45.6	7.800	.01	41.5	62.3	23.228	.001
Reverse	1.8	0.6	0.597	ns	0.0	0.0	—	ns
Juxtaposition	8.2	0.0	15.551	.001	0.0	5.8	11.958	.001
Transparence	20.3	8.3	12.367	.001	1.0	5.5	7.031	.01
Hold	35.8	45.6	4.691	.05	56.5	26.5	51.774	.001
Canonical	0.9	0.0	0.459	ns	1.0	0.0	1.568	ns

Note: Number of boys and girls shows percentages for frequencies.

性差

女兒より男児の方がメンタルローテーションの成績が良かった。これは先行研究と一致している。

Non-rotatorの割合が女兒の方が多いうことは、女兒の方が視覚表象の形式を用いずに解いていた可能性が高くなる。Kailらの男女の方略の違いとも関連する。

まとめ：7つの疑問/提言

- 命題表象という形式にアファンタジアのヒントがあるのではないか。
- Kosslynモデルに再認や再生のプロセスを吟味すれば、描写的処理以外にも対応出来るのではないか。
- Marmor & Zaback (1976)から、先天盲の子どもの空間の記述の仕方を再考すべきではないか。
- Göksum et al. (2013)の研究から、ジェスチャーは空間視覚化能力の低い場合は静的なジェスチャーが多い。このジェスチャー形式にアファンタジアが多く潜んでいるのではないか。
- Ehrich et al. (2006)からすると、ジェスチャーを絵画的確認として用いている可能性が高かった。しかしspeech onlyの場合とアファンタジアとの関係はどうなっているのだろうか？アファンタジアの子どもは、どのようなジェスチャーをするのだろうか。
- Chu & Kita (2008, 2011)の研究から、視覚的には捉えきれない局面でジェスチャーが現れてきた。表象的ジェスチャーに目を向けたものの、その中にどれほど関係記述できた子がいたのだろうか？
- Noda (2010)の研究から、non-rotatorが用いる方略には、アファンタジアが好んで用いているものが隠されているのではないか？