

# From action to abstraction: Gesture as a mechanism of change

Susan Goldin-Meadow

## ABSTRACT

本紙では、ピアジェが見落としたルーティン行動として、問題解決場面で話者が説明する時に産出される自発的身振りについて検討する。このような身振りは、単なる手の動きではなく、しばしば問題に対する話者の考え（話者の発話には現れない考え）を反映している。しかし、身振りは、話者の考えを反映するという役割以上を担い、話者の考えを変化させることへも寄与する。この点において、身振りは他の行為と同じような振る舞いをするが（オブジェクトに対する身振りと行為の両方が、訓練として与えられた問題の学習を促進する）、身振りのみが、表現することで得た知識をもとに、課題への一般化を行うことを促している。

身振りは、オブジェクトを動かすような世界に直接的な操作をもたらすものではなく、世界を表現するという点で特別な行為の一種である。そのため、身振りと行為が学習を促進するというメカニズムには差異があり、身振りは、特定の文脈の学習に結びついたディティールから離れて、抽象的な学習を促す行為の構成要素を強調している可能性がある。身振りは、行為でもあり表現でもあるので、両者の橋渡しとしての役割を担うため、抽象的な考えを学習するための強力なツールとなりうるのかもしれない。

## INTRODUCTION

身体は、認知における中心的な役割を担っていると主張されている。

- ◇ ホッケーをすると、ホッケーに関する言語を理解する能力が促される (Beilock, Lyons, Mattarella-Micke, Nusbaum, & Small, 2008; see also Glenberg & Kaschak, 2002, Pulvermüller, 2005)。
- ◇ 行為を符号化しながら動くと、誰かの動きを見たときに、その行為を思い出すことを促進する (Cohen, 1981; Engelkamp & Krumnacker, 1980; Saltz & Donnenwerth-Nolan, 1981)(Cohen, 1981, 1983; Cohen, Petersen, & Mantini-Atkinson, 1987; Mullingan & Hornstein, 2003)。
- ◇ 課題の解き方に対応した腕の動きをした大人は、解き方に対応しない動きをした大人よりも早く課題を解く (Thomas & Lleras, 2009; see also Grant & Spivery, 2003; Thomas & Lleras, 2007)。

身振りは身体の行為であるが特殊な行為でもある。我々は、身振りが学習において中心的な役割を担うかどうかを問う。私たちが話すときに動かす手の動きは、私たち自身の学習の仕方に影響を与えるのだろうか。

## Gesture can tell us who is ready to learn

Church & Goldin-Meadow (1986) は、ピアジェの保存課題を用いたプレーポストテストを実施し、プレーテストの後に参加者がどのように回答したかを話してもらった。プレーテストで誤答した参加者を身振り

一発話ミスマッチを示した子どもと、身振り一発話マッチのみを示した子どもに分けて、両群に対して保存に関する授業を行い、ポストテストを実施した。

- 結果、身振り一発話ミスマッチ群のほうが、身振り一発話マッチ群よりも、保存課題の課題成績が改善される可能性が有意に高いことを明らかにした (Ping & Goldin-Meadow, 2008 も参照)。

Perry, Church, and Goldin-Meadow (1988, 1992) は、9歳から10歳の子どもたちに対して、 $6 + 2 + 3 = \_ + 3$  という数学的等価問題を解くよう求めた。この時、どのように答えを得たかを説明するように求めると、何人かの子どもたちは、身振り一発話マッチの方略を表す (例: 「私は、6, 2, 3 と他の3を加えて14とした」と言いながらそれぞれの数字を指さす)。他の子どもたちは、問題の4つの数字全てを指さしながら、「私は6, 2, 3を加えて11とした」と言い、身振り一発話ミスマッチの方略を表す。

- 両タイプの子どもたちに数学の授業をすると、身振り一発話ミスマッチ群の方が、身振り一発話マッチ群よりも、授業後の課題成績が有意に改善する可能性が高かった。

興味深いことに、身振り一発話ミスマッチは、言語的なチャンネルのみを頼る他の学習の指標よりも、学習準備の指標として優れているようだ。

#### ◇ Church (1999)

子どもたちの課題における学習のレディネスを予測するために3つの指標を比較した。①身振り一発話ミスマッチの数、②1つ以上の方略を含んだ発話の数、③発話によって表現された方略の数。

- 各指標は、個別に学習を予測したが、①～③を同じモデルに含めた場合、身振り一発話ミスマッチのみが唯一の予測因子となった。

身振り一発話ミスマッチは、課題を習得していない個人の誰が教示によって利益を得るかを予測する。しかし、問題解決の方法を知っている人は、時に発話で伝える情報とは異なる情報を身振りで伝えている。なぜ課題を習得した人がミスマッチを産出するのだろうか。少なくとも2つの理由がある。

- ① 学習者が課題の成功に達したのがごく最近である可能性、つまり、まだ過渡期の状態である可能性が挙げられる。(例) 数学の問題を解く子どもたちが、しばしば身振り一発話ミスマッチを産出し続けたが、教示後には、身振り一発話で表現した方略が正しくなっていた (Perry et al., 1988)。
- ② 身振り一発話ミスマッチを引き起こす人が、談話の状況に反応している可能性。Goldin-Meadow & Singer (2003) は、数学的等価問題の解き方について説明をしている教師の身振り一発話ミスマッチが、学習者の身振り一発話ミスマッチを引き起こしていることを明らかにした。ただし、子どもと教示 (初心者と熟練者) が産出する身振り一発話ミスマッチには体系的な違いがあり、熟練者のミスマッチは、パートナーのニーズやスキルに応じてコミュニケーションを調整する能力を反映している。一方で、初心者のミスマッチは、変化に対する彼らのレディネスを反映している。

### The gesture we can see can aid learning

他者の身振りが学習に与える影響を調査するために、Singer & Goldin-Meadow (2005) は、教師の自発的な教示方略に基づく数学の授業をデザインし、4年生に数学的等価性 (mathematical equivalence) について教示を行った。教示は以下の2側面で行う。

		発話	
		1 方略 (イコール)	2 方略 (イコール+加減算)
身振り	発話と ミスマッチ	◎	
	マッチ		
	なし		

Singer & Goldin-Meadow (2005) は、発話で2種類の方略 (イコールと加減算) を与えられた子どもたちが、発話で1種類の方略のみ (イコール) を与えられた子どもたちよりも、ポストテストで正解した問題が有意に少ないことを明らかにした。ただし、2種類の方略を発話と身振りで伝えた際には、学習を促進するのに効果的であった (1 方略-ミスマッチ)。ミスマッチジェスチャー条件の子どもたちは、マッチ条件・身振りなし条件よりも有意に問題を多く解決した (Singer & Goldin-Meadow, 2005)。これらの結果は、身振りを見るのが学習にポジティブな効果を持っていることを明白に示している。

しかし、身振りは学習者を迷わせることもある。Broaders & Goldin-Meadow (2010) は、目撃者の質問への返答が身振りによって影響を受けるかどうかを検討した。その結果、インタビュアーの身振りが情報源として機能することで、時には目撃者が誤った詳細を報告するよう誘導され得ることが明らかになった。つまり、身振りは学習を促進する強力なツールであるとともに、学習を妨げる可能性もある。

### The gesture we produce can aid learning

Broader, Cook, Mitchell, & Goldin-Meadow (2007) は、子どもたちに対して、数学的等価性の問題の解決方法を説明しながら彼らの手を動かすように指示した。その結果、手を動かすよう指示された子どもたちが、手について何の指示もされなかった子どもたちよりも、身振りで新たなアイデアや正しいアイデアを産出した。ただし、興味深いことに、身振りで正しいアイデアを示していたのにもかかわらず、彼らは問題を誤って解決し続け、発話ではその間違った問題解決方略について述べていた。けれども、後で解き方について教示を受けた際、身振り<sup>有</sup>で指示された子どもたちは、身振り<sup>無</sup>で指示された子どもよりも教示から多くの利益を得ているようであった (Broader et al., 2007)。

したがって、身振りは明確にされていないアイデアを引き出すことに寄与すると考えられる。そして、明確化されたアイデアが学習をリードする可能性がある。

手を動かすように指示することが、子どもの認知的レパートリーの中に新たなアイデアを引き起こす可能性を挙げたが、身振りは新たなアイデアをどのように促進するのだろうか。

学習者は、彼らの手の動きから意味を抽出しているのかもしれない。もしそうであるならば、学習者は特定の動きに敏感であり、それに応じて学習する必要があるはずだ。あるいは、重要なことは手を動かすということだけなのかもしれない。もし、そうであれば彼らは、彼らが産出する特定の動きによって学習しているはずである。

数学の授業前に、Goldin-Meadow, Cook, & Mitchell (2009) は、すべての子どもたちに発話のイコール方略を模倣するよう指示した（「私は右辺と左辺の両方を等価にしたい」）。そのうえで、子どもたちを3つのグループに分けて次のように指示した。

グループ①：図5の上半分のように動作をしながら発話を模倣。（正しいグルーピング方略）

グループ②：図5の下半分のように動作をしながら発話を模倣。（部分的に正しいグルーピング方略）

グループ③：身振りなしで、発話を模倣。（身振り方略なし）

※教示の際、実験者はすべてのグループで発話のみで指示し、身振りをしなかった。

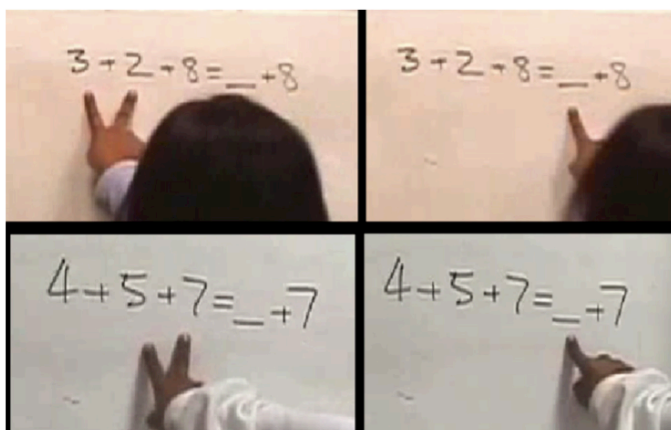


図5. 身振りの具体例

Goldin-Meadow et al. (2009) は、グループ①がグループ②・③よりもプレーポストテストで成績が向上したことを明らかにした。重要なこととして、この効果は、子どもたちが教示後の発話レパートリーにグルーピング方略を追加したかどうかによって媒介されていた。グルーピング方略は、子どもや教師から発話で表現されておらず、実験者や教師によっても身振りで表現されていなかった。そのため、子どもたちの教示後の発話情報は、彼ら自身の身振りから来たものであると考えられる。さらに、グループ①はグループ②よりも多くの学びを得たことから、彼らは自身が生み出した特定の動きに敏感であることがわかった。以上より、身振りが学習を促進するメカニズムの1つは、自分の手の動きに含まれる意味に注意を向けることが挙げられる。

この結果は、子どもたちが手の動きから問題解決に関わる情報を抽出したことを示唆しているが、他方の可能性として、子どもたちの手の動きで単に数字に注意を促進しただけということも考えられる。もしそうであるならば、グループ②の子どもたちは5と7に注意を向けているので間違えるはずである。しかし、実際にはグループ②もプレーポストテストで成績が向上している。そのため、身振りが注

意だけを促しているわけではないと考えられる。むしろ、彼らが授業後に発話レパートリーとしてグルーピング方略を追加した点から、子どもたちが産出した身振りは、彼らのグルーピング操作の学習を促進したようにみえた。

身振りは、単に学習者の初期のアイデアを反映しているだけでなく、彼らのアイデアを練り上げたり発展させる役割を担っている。言い換えれば、認知的変化の経路は、学習者が身振りをしたという事実によって変化する。つまり、私たちはもしかすると、自分の手を動かすだけで、新しい知識の基礎を生み出すことができるのかもしれない。この見解が正しければ、不用意な手の動きでさえ、思考に影響を与える可能性を持っている（この可能性は、心的回転課題の解決に取り組む子ども (Brooks & Goldin-Meadow, 2015) や成人 (Chu & Kita, 2008) からも示唆されている)。

## GESTURE AS A MECHANISM OF CHANGE

### Gesture adds a mimetic representational format to the categorical format in language

なぜ身振りは学習を促進するのだろうか。

可能性①：同時に2つのモダリティを使用することが学習者の問題の表現を強化し、学習者が関連する入力を活用できるようになる。(2モダリティ仮説)

可能性②：本来、2つのモダリティは並列するものではなく、学習を促進するものとして、むしろ表現形式として全く異なる2つのタイプ(発話に見られる個別のカテゴリー形式 vs. 身振りに見られるアナログな模倣的形式 (McNeill, 1992))として並列していることが挙げられる。(2表現形式仮説)

ほとんどの場合、身振りの多くは手を使っており、私たちは、[2モダリティ vs. 2表現形式]の仮説を区別することができない。しかしながら、聾の手話者も彼らの手話とともに身振りを行い (Emmorey, 1999; Sandler, 2003)、彼らの身振りは手話と同じ同一のモダリティ(手)で産出される。これらの身振りは、アナログで模倣的で、それらに伴う身振りとは異なっており、個別かつカテゴリーカルである (Klima & Bellugi, 1979)。

もし、学習を促進するために2つのモダリティ間で異なる考えを並列させることが不可欠なのであれば、手話と身振りのミスマッチ(単一のモダリティ内の不一致)は手話者の学習を予測せず、発話と身振りのミスマッチ(2つのモダリティ間の不一致)のみが学習を予測するはずである。あるいは、学習の促進にモダリティの並列は関係なく、異なる表現形式を並列することが重要ならば、ミスマッチな身振りが、話者と同様に手話者の学習を予測するはずである。

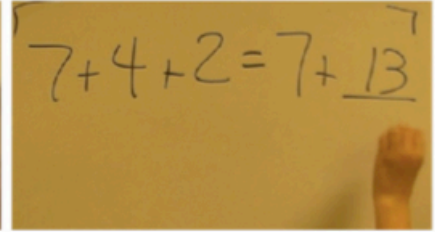
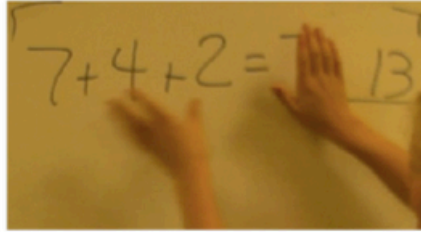
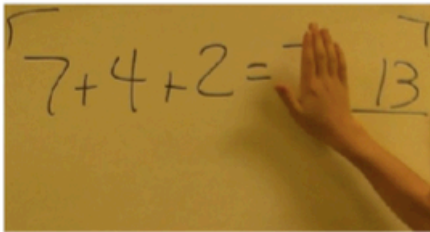
Goldin-Meadow, Shield, Lenzen, Herzig, & Padden (2012) は、ASL 手話の聴覚障害児に対して、数学的等価問題の解き方について説明するように尋ね、子どもたちに教示を行った。彼らは、聴覚障害児が耳の聞こえる子どもたち (Perry et al., 1988) と同程度に身振りを産出したことを明らかにした。そして、聴覚障害児は、彼らと同じ頻度でミスマッチを産出した (図 6)。

### Sign (Add-to-equal-sign)

Left Hand:

ADD (7+4+2)

PUT (13)



### Gesture (Add-subtract)

Right Hand:

Cover 7

Cover 7

Left Hand:

Indicate 7+4+2

Indicate 13

図 6. 手話者の身振りの例

さらに、重要な知見として、教示前に身振り—手話で多くのミスマッチを産出した聴覚障害児は、ミスマッチをあまり産出しなかった子どもたちよりも、教示後に有意に成功する可能性が高いことであった。実際に、教示前に産出された加算に関わるミスマッチは、教示後の学習に大きく関連していた。これらの結果は、単一のモダリティ内の不一致で起きており、身振りが、学習ツールとしての力を持っているという表現形式の並列仮説を支持した。

### Gesture brings action into our mental representations

自発的身振りは、心的表象の行為に影響を与えるかもしれない。Beilock & Goldin-Meadow (2010) は、ハノイの塔を使ってこの可能性を調査した。まず、大人に対してハノイの塔の問題に答えるように求めた (TOH1)。そして、大人はこの問題をどのように解決したかを説明するよう求められ、説明中に彼らは身振りをしていった (説明フェーズ)。説明後、彼らは再びこの問題に取り組んだ (TOH2)。この実験では、TOH1 と TOH2 とでディスクの重量を以下のように操作した。

スイッチなしグループ : TOH1 と TOH2 のディスクの両方が同じ重量

スイッチグループ : TOH1 と TOH2 のディスクの重量が逆になる (2 回目では最も小さいディスクが一番重い)。

#### 結果

スイッチなしグループの課題成績 (クリアタイム) は  $TOH1 < TOH2$

スイッチグループの課題成績は  $TOH1 = TOH2$ , 取り組む時間や動きはむしろ増えた。

➤ スイッチグループは、TOH2 で、説明フェーズで自分が産出した身振りに影響を受けた

スイッチグループの TOH2 に着目したとき、TOH1 後の説明フェーズで片手だけで身振りをしていった大人ほど、TOH2 で成績が悪かった (最小のディスクを片手で持ち上げられなかった)。説明フェーズで使用された身振りのタイプとスイッチなしグループの課題成績 (TOH2) には有意な関係はなかった (TOH2 のときに、最小のディスクを片手あるいは両手で持ち上げることができるから)。

説明フェーズで産出された片手の身振りは、最小のディスクを軽いものとして表現することを促進したように思われる。この表現は、スイッチグループが TOH2 で行う行為と互換性がなかった。もし、スイッチグループの課題成績が身振りによって悪化したのであれば、身振りを取り除けば悪化を解消するはずである。

そこで、説明フェーズを除いて実験 2 を実施したところ、スイッチグループの課題成績は低下せず、スイッチなしグループと同程度に改善した (Beilock & Goldin-Meadow, 2010)。したがって、2つの問題解決試行の間で大人が身振りをしたときに TOH2 のディスクの重さを変えてしまうと、その身振りが話者のその後の動きに適応しない情報を伝えた際にだけ、TOH2 に困難をもたらすことが分かった。

### 以上より…

➤ 身振りが単に過去の行動を反映するだけでなく、話者の課題に対する心的表象に情報 (ディスクの重量) を追加していることを示唆している。したがって、行為に関する身振りをするということは、身振りに反映される課題の特定の要素を心的表象に凝固させ得ることを示している。

興味深いことに、成人において表象の中に課題と関係する情報を取り込む際、身振りの方が行為よりも効果的であった。Goldin-Meadow & Beilock (2010) は、2つの成人グループを比較した。1つは、TOH1 と TOH2 の間で身振りをしながら問題解決方法を説明したグループ (身振りグループ)、もう1つは、再び課題に取り組んだグループ (行為グループ)。

ディスクの重さを切り替えると、両方のグループとも片手を同じ頻度で使用したとしても、身振りグループの方が行為グループよりも課題成績が低下することを明らかにした。そのため、身振りは、課題に関する大人の心的表象に重量の情報を取り込むという点で行為よりも効果的であった (see also Trofatter, Kontra, Beilock, & Goldin-Meadow, 2014 ; これらの効果は、身振りグループ内の発話の存在に起因するものではなかった)。

### **Gesture promotes generalization, action on objects does not**

なぜ学習者は教示中の身振りから恩恵を受けるのだろうか。

仮説①：身振りをするのは、それ自体が身体的な行為であるため、学習を促進している。

仮説②：身振りは、身体的行為から抽象的なアイデアを表すことで学習を促進している。

これらの2つの仮説を区別するために、Novack, Congdon, Hemani-Lopez, & Goldin-Meadow (2014) は、9歳～10歳の子どもたちに対して、数学的等価問題を解決するための方略として、「片方をもう片方と等しくしたい」と発話するよう求められ、その間、彼らは、問題を解決する前後で教示された動作 (①～③) を使って授業に取り組んだ。

①プラスチックの数字を拾い上げて空欄の上にかざす。(身体活動条件) 図8の上段

②①の行為を身振りで表現する。(具体的なジェスチャー条件) 図8の中段

③5と7の下にV字を作ったあとに空欄を指さす。(抽象的なジェスチャー条件) 図8の下段

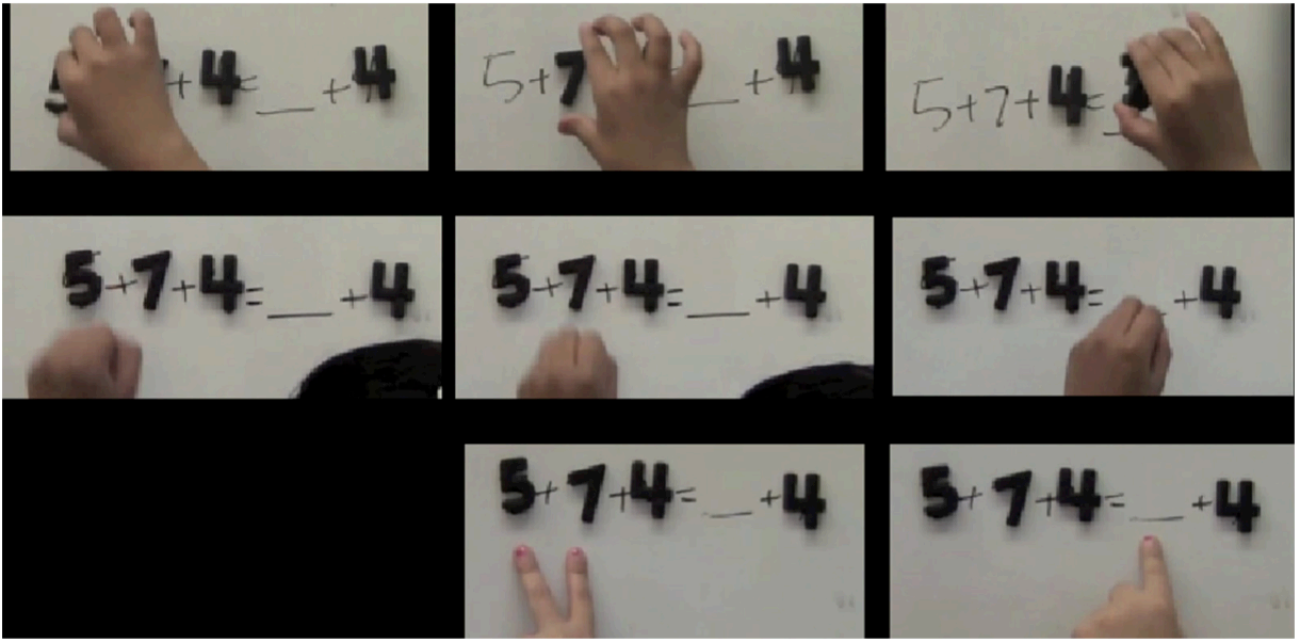


図 8. 条件ごとの身振り

教示後、すべてのグループの子どもたちが、トレーニングを受けた問題の解決法を学習した（つまり、練習問題と同じ箇所に空欄がある問題;  $6+2+4= \quad +4$ ）。これらの問題を解決するために、子どもたちは彼らの行為で例示された方略に単に従うだけでよかった（1つ目と2つ目の数をグループ化し、それらを加算し、その数を空欄に当てはめる）。

ただし、得た知識を一般化する必要のある問題にクリアしたのは身振りグループだけであった。具体的な身振り条件と抽象的な身振り条件の子どもたちは、学習したことをもとに、空欄が右端に移った問題 ( $6+2+4=6+ \quad$ ) にも学習の転移をしていた。

さらに、Novack et al. (2014) は、抽象的な身振り条件の子どもたちだけが、教示で学んだグループ化戦略を全く使用できない問題 ( $6+2+4= \quad +5$ ) にも一般化していたことを明らかにした。これらの問題を正しく解くためには、子どもたちが数学的等価性の原則を理解する必要がある、このような理解は、具体的な身振りや教示における行為よりも、抽象的な身振りを産出した場合に得られやすい可能性があった。そのため、これらの結果は、身振りが行為よりも知識の転移をうまく促進し得ることを示している。

**Why does gesture promote learning and generalization?**

近年の研究では、Wakefield, Congdon, Novack, Goldin-Meadow, & James (2014,2015) が、自己産出する身振りを通して子ども達が課題の学習をした後に、同様の感覚運動ネットワークが再活性化することを明らかにした。この再活性化は、自己産出した行為が学習に対して効果的であるという根幹かもしれない。

Wakefield and colleagues は、子どもたちに対して数学の授業の問題を解く前後で、「一方を他方と等しくしたい」と言うように求めた (イコール方略)。そして、一方のグループには言葉だけを発し、もう一方のグループには、同じ情報を伝達する身振り (方程式の左辺で手のひらを払い、次に右辺でも同様に手



のひらで払う) も一緒にするよう指示した。その後、Wakefield et al. (2014,2015) は、問題の解き方を学習した子どもたちが同様の問題を解いている最中の脳活動を fMRI で撮影をした (この時、回答中の子どもは身振りをしていない)。

その結果、彼らは、問題解決方法を学習する時に身振りをした子どもたちが、身振りをしなかった子どもたちや発話のみの子どもたちと比べて、問題解決の際に前頭の頭頂にある感覚運動ネットワークを有意に強く活性化したことを明らかにした (Wakefield, Congdon, Novack, Goldin-Meadow, & James, 2014, 2015)。

この知見は、学習を促す身振りのメカニズムが、課題に関わる感覚運動的な表象の確立に関与していることを示唆する。これらの表象は、その後課題を解く時に身振りをしなくても再活性化している。しかし、身振りと行為はどちらも身体化されたものであるため、身振りが学習を促進した理由を十分に説明したとはいえない (身振りだけが一般化を促進し、行為は促進しないとは言い切れない)。

そのため、身振りと行為が一般化に異なる影響をもつことを説明するためには、少なくとも 2 つの仮説が存在し、その両方が正しい可能性も残されている。

仮説①：身振りは、転移を誘発する側面に学習者をフォーカスさせることで一般化を促進している。

仮説②：行為は、転移の手順で得る詳細に学習者をフォーカスさせることで、一般化を妨げている可能性がある。

➤ これらの 2 つの可能性を行動指標だけで区別することは困難であるが、脳イメージング研究によって検討することが可能かもしれない。

もし、身振りの方が行為よりも学習の一般化を促進するのであれば、身振りで学習した子どもたちはその後の同様の問題を解く間、前頭前野 (高次の思考においてリクルートされる領域) を活性化させ、行為で学習した子どもたちは活性化しないと予測される。もし、この仮説が正しければ、我々は教師に対して、高次の思考を促すことで知られる技術 (e.g., アナロジー, 整合, 比較, Newcome, 2010) を用いた身振りトレーニングを補うことを推奨できる。

同時に、行為に対する身振りの優位性がオブジェクトに作用する (ただし、オブジェクトについての身振りをしない) ことが、特定のオブジェクトベースの文脈で得た知識を結びつけることに起因する可能性がある。もしそうであれば、行為で学習した子どもたちは、後に問題を解く際、オブジェクトの処理領域を活性化させるかもしれないが、身振りで学習した子どもたちは活性化しないと予測される。もしそうだとすると、学習内容を新しい状況へ転移させることが難しくなるため、行為が一般化を妨げるというエビデンスを得ることができる。

神経レベルの研究から、我々は身振りの学習と一般化に対する効果のメカニズムに対する洞察を得る可能性を持っている。そして、これらは、我々がその後、ベストな実践に関する洞察を教育者に伝えることへ利用できるだろう。

## CONCLUSION

身振りは、ピアジェの発達的変化の核をなす内化 (1945) のプロセス (process of interiorization) に根ざしたメカニズムであるかもしれない。

数学の授業をしながら教師が手を動かしたり、授業中に自分の手を動かすと、授業後にはより良い成功につながる可能性がある。特に、手の動きが教師や自分が発話で伝える情報と異なる情報 (ただし、関連はしている) を伝える場合に、それは起こりうる。しかし、我々が発見した重要な点は、これらの手の動きが、世界に直接的な影響を与えず、代わりに世界を表現するような時に (つまり、身振りをしている時に)、学習に対してパワフルな効果を持つということである。

世界に対する行為のように、行為を表現する身振りは、学習者が直接訓練されるような課題における学習を促進する。しかしながら、オブジェクトに対する行為とは異なり、身振りは獲得した知識の一般化を必要とするような課題への転移も促進する。その結果、学習を促進する身振りやオブジェクトに対する行為のメカニズムがオーバーラップしている場合でも、それらを同一のものとみなすことはできない。身振りは、特定の文脈の学習と結びついた詳細を抜きにして抽象的な学習を促進する行為の成分に注意を向けさせているのかもしれない。したがって、身振りの方が、オブジェクトに対する行為よりも、一般化や保持に大きな効果をもたらしている。