

論理的思考の神経基盤と発達的变化

(中間報告)

日本大学医学部 辻 井 岳 雄
帯広畜産大学・動物食品衛生研究センター 岡 本 雅 子
日本大学医学部 酒 谷 薫

Neural Development of Logical Reasoning Mechanism

Nihon University, School of Medicine TSUJII, Takeo
Obihiro University of Agriculture & Veterinary Medicine OKAMOTO, Masako
Nihon University, School of Medicine SAKATANI, Kaoru

要 約

演繹的推論は、与えられた前提から論理規則に基づいて妥当な結論を導く過程であり、問題文の意味内容の処理とは本来独立に行われるものである。しかし、実際にヒトが行っている推論は、本来不要なはずの意味処理の影響を強く受けることが知られており、主に信念バイアス効果の研究を通じて実験的に検討されてきた。辻井らは、一連の研究を通じて、信念バイアス効果は右半球の前頭葉下部の活動と深い関連があることを明らかにしてきた。一方、信念バイアス効果の発達的变化を調べた研究では、小学生児童は大人に比べて信念バイアス効果を受けやすいことが知られている。今後の研究では、成人と小学生が演繹的推論の課題を行っているときの前頭葉活動の違いを調べ、信念バイアス効果との関連を調べる必要があると思われる。

【キー・ワード】 演繹的推論, 信念バイアス効果, 前頭葉下部

Abstract

Deductive reasoning is the process of drawing valid conclusions from a given set of premises. Although deductive reasoning should be performed independently of prior knowledge and intuitive beliefs, actual human reasoning often relies on them. This tendency towards bias in human reasoning has been experimentally studied through the demonstration of the belief-bias effect in syllogistic reasoning. Tsujii and his colleagues found that the right inferior frontal cortex is responsible for belief-bias effect in the deductive reasoning. Developmental studies found that school-aged children showed larger belief-bias effect compared with adult subjects. In future works, it is necessary to examine the prefrontal cortex activity while children and adults

performed a syllogistic reasoning task which involved congruent and incongruent reasoning trials.

【Key words】 deductive reasoning, belief-bias effect, inferior frontal cortex

はじめに

最近の脳画像研究では、論理的思考の神経基盤に関する研究が急速に明らかにされている (Goel, 2007)。本論文の目的は、論理的思考の中でも中心的な役割を果たす演繹的推論の神経機構を探る脳画像研究とその発達の変化に関する研究の動向を概観し、今後必要とされる研究に関して議論することである。演繹的推論は、与えられた前提から論理規則に基づいて妥当な結論を導く過程であり、問題文の意味内容の処理とは本来独立に行われるものである。しかし、実際にヒトが行っている推論は、本来不要なはずの意味処理の影響を強く受けることが知られており、主に信念バイアス効果 (belief-bias effect) の研究を通じて実験的に検討されてきた (Evans, 2008)。

信念バイアス効果とは、論理的な正しさに関する判断が、(本来それとは無関係な) 問題文の意味内容の正しさに影響されてしまう現象をいう。信念バイアス効果の実験では、論理的な正しさと結論の意味内容の正しさが一致する問題と、一致しない問題を作成する。一致条件では、意味処理が論理推論を促進する形で作用するが、不一致条件では、意味処理が論理推論に干渉してしまうため、推論成績が悪くなることが知られている (Evans, 2008; Tsujii & Watanabe, 2009, 2010)。

信念バイアス効果の説明原理として最も良く用いられているのは、論理的推論の二重過程モデル (dual-process model) である。二重過程モデルは、論理規則や確率理論に基づく分析的思考 (analytic system) と、常識・気分・個人的経験などに基づく直感的思考 (heuristic system) という 2 つの思考システム間の相互作用を通じてヒトの推論は行われることを提案している。直感的思考 (ヒューリスティクス) は素早く自動的に行われるのに対して、分析的思考は時間と処理容量を必要とする過程である。日常生活における推論や意思決定のほとんどはヒューリスティクスにより行われているが、三段論法や数学の問題を解く時にはヒューリスティクス過程を一時的に抑制して、分析的思考のモードに切り替える必要があることを二重過程モデルは提唱している (Evans, 2008)。

論理的思考の神経学的基礎

辻井らは、近赤外分光法 (NIRS: near-infrared spectroscopy) を用いて論理的思考の神経基盤を調べてきた。特に、二重過程モデルが提唱する分析的思考と直感的思考 (ヒューリスティクス) の諸性質について調べ、ヒューリスティクスは自動的な過程であるのに対して、分析的思考は注意容量を必要とする過程であることを実験的に証明した (Tsujii & Watanabe, 2009)。この実験では、被験者は三段論法の問題を解くだけでなく、同時に負荷の異なる空間課題を行うように指示された。行動指標を分析したところ、一致試行では負荷条件の有意差が見られなかったが、不一致試行では高負荷条件で著しく推論成績が低下した。

このような同時課題を行っているときの前頭葉下部 (IFC: inferior frontal gyrus)の賦活を NIRS で調べたところ、不一致試行における IFC の賦活は、低負荷条件では右半球優位であったのに対して、高負荷条件では右半球の賦活が著しく低下し、有意な左右差が認められなかった。また不一致試行における IFC の賦活と推論成績との相関を調べたところ、右 IFC が強く賦活する被験者ほど推論成績が良いという有意な正の相関が認められた。また、高い負荷を課すことにより右 IFC の賦活が低下した被験者ほど推論成績も低下するという結果も認められた。これらの結果は、不一致試行の推論には右 IFC が決定的な役割を果たしていることを示している。

さらに辻井らは、(1) タイムプレッシャーをかけたときも右 IFC の活動が低下して不一致試行の推論成績が低下すること (Tsuji & Watanabe, 2010), (2) 若年者とは異なり、高齢者では IFC 活動の半球非対称が見られないこと (Tsuji, Okada, & Watanabe, 2010), (3) 右 IFC を磁気刺激で抑制すると不一致試行の推論成績が有意に低下すること (Tsuji et al., 2010)などを現在までに明らかにしてきた。

論理的思考の発達的变化と今後の展望

De Neys & Van Gelder (2009)は、演繹的推論における信念一致効果の発達的变化を調べたところ、小学生児童は大人に比べて不一致試行の推論成績が著しく低く、信念バイアス効果を受けやすいことが明らかになった。このように行動レベルでは、子供の論理的思考の研究が開始されているが、その神経機構にまで踏み込んだ研究は現在までのところ行われていない。

近赤外分光法 (NIRS)は、非侵襲で安全性が高く、発達研究に適した脳画像装置と言われている (Tsuji et al., 2009, 2010)。実際、辻井らの研究室では、就学前児童が作動記憶課題を行っている時の前頭葉の活動計測 (Tsuji et al., 2010)、幼稚園 (5 歳児)から小学校低学年 (7 歳児)にかけての作動記憶課題遂行時の脳活動の縦断的発達変化を調べた研究 (Tsuji et al., 2009)など、NIRS を活用して発達脳科学の研究をすすめてきた。現在、これらの経験を活かして、論理的思考の発達的变化を調べる研究を行っている。

引用文献

- De Neys, W., & Van Gelder, E. (2009). Logic and belief across the lifespan: the rise and fall of belief inhibition during syllogistic reasoning. *Developmental Science*, 12, 123-130.
- Evans, J.B.T. (2008). Dual-processing accounts of reasoning, judgment, and social cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 255-278.
- Goel, V. (2007). Anatomy of deductive reasoning. *Trends in Cognitive Science*, 11, 435-441.
- Tsuji, T., Masuda, S., Akiyama, T., & Watanabe, S. (2010). The Role of inferior frontal cortex in belief-bias reasoning: an rTMS study. *Neuropsychologia*, 48, 2005-2008.
- Tsuji, T., Okada, M., & Watanabe, S., (2010). Effects of aging on hemispheric asymmetry in

- inferior frontal cortex activity during belief-bias syllogistic reasoning: a near-infrared spectroscopy study. *Behavioural Brain Research*, 210, 178-183.
- Tsujii, T., & Watanabe, S. (2010). Neural correlates of belief-bias reasoning under time pressure: a near-infrared spectroscopy study. *NeuroImage*, 50, 1320-1326.
- Tsujii, T., & Watanabe, S. (2009). Neural correlates of dual-task effect on belief-bias syllogistic reasoning: a near-infrared spectroscopy study. *Brain Research*, 1287, 118-125.
- Tsujii, T., Yamamoto, E., Ohira, T., Takahashi, T., & Watanabe, S. (2010). Antihistamine effects on prefrontal cortex activity during working memory process in preschool children: a near-infrared spectroscopy (NIRS) study. *Neuroscience Research*, 67, 80-85.
- Tsujii, T., Yamamoto, E., Masuda, S., & Watanabe, S. (2009). Longitudinal study of spatial working memory development in young children. *NeuroReport*, 20, 759-763.