

Title	脳波計測による記号コミュニケーションにおけるヒトのミラーリングの研究
Author(s)	李, 冠宏
Citation	
Issue Date	2020-03-25
Type	Thesis or Dissertation
Text version	ETD
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/16655">http://hdl.handle.net/10119/16655</a>
Rights	
Description	Supervisor:橋本 敬, 知識科学研究科, 博士

氏 名	LI, Guanhong
学 位 の 種 類	博士(知識科学)
学 位 記 番 号	博知第 271 号
学 位 授 与 年 月 日	令和 2 年 3 月 25 日
論 文 題 目	Mirroring in Humans for Symbolic Communication: Evidence From an EEG Study
論 文 審 査 委 員	主査 橋本 敬 北陸先端科学技術大学院大学 教授
	Ho Tu Bao 同 教授
	HUYNH Van Nam 同 教授
	日高 昇平 同 准教授
	津田 一郎 中部大学 教授

### 論文の内容の要旨

Humans and many other animals exhibit communicative behavior. One of the most important features distinguishes human beings from other animals is the extensive use of symbols in communication. The lack of evolutionary continuity between human symbolic communication and non-human animal communication makes the evolution of symbolic communication a puzzle.

Following the discovery of mirror neurons in the brains of humans and some non-human animals, a mirroring mechanism based on the neural activity related to the mirror neurons provided a solution to the evolutionary puzzle of symbolic communication. However, the functional role of mirroring in symbolic communication had not been understood yet. In fact, previous works found no empirical evidence for a functional link between mirroring and the performance of symbolic communication.

The present work aims to clarify the role of mirroring in symbolic communication. Specifically, this study hypothesized that mirroring plays a functional role in the formation of symbolic communication systems on the connotative level, rather than the denotative level. In order to investigate the neural activity in the formation of symbolic communication systems, this study designed an experiment adopting the experimental semiotics approach.

In the experiment, pairs of participants need to cooperate in a coordination game, in which the players need to develop communication systems with geometrical figures. Forty participants were recruited for the experiment. Participants went through a non-communicative condition individually and a communicative condition in pairs. During the experiment, the participants' neural activity was recorded by electroencephalography. Behavioral performance on forming symbolic communication systems was measured by three indices. These indices measure overall performance, the performance on the denotative level, and the performance on the connotative level, respectively. The mirroring activity was measured by

the significance of mu-band power suppression in the electroencephalography (EEG) signals.

The first analysis compared the behavioral performance of the participants with significant mirroring activity in the communicative condition against those who showed significant mirroring in the non-communicative condition only, but found no significant difference. The second analysis found that the participants with significant mirroring activity in both communicative and non-communicative conditions performed significantly better than the other participants in terms of overall performance and the performance on connotative level.

These results are consistent with the hypotheses of this study and suggest two potential benefits from mirroring for forming symbolic communication systems. Firstly, mirroring has immediate benefits for developing connotative meanings in symbolic communication. Secondly, mirroring has fundamental benefits for sharing arbitrary form-meaning mappings through interpersonal interaction.

In conclusion, the present study provided empirical evidence for a functional role of mirroring in the formation of symbolic communication systems, especially on the connotative level. The mirroring may have evolved in humans to respond to imagined action without actually perceiving it. This extended mirroring may provide a neural substrate for developing and sharing symbolic communication systems, by which humans become capable of sharing knowledge beyond the limits of space and time.

**Keywords:** Mirroring, Symbolic communication, Electroencephalography, Experimental semiotics, Communicative coordination game, Mu-suppression.

## 論文審査の結果の要旨

人間のコミュニケーションは、視聴覚等で感知できる信号（形式）が様々な抽象的・具体的概念や意図（内容）を表すという「記号」を用いて、知識の表現・伝達さらには活用・創造を行う点に特徴がある。本研究は、この記号コミュニケーションの脳神経基盤について、他者の運動観察と自身の運動実行の両方で働くミラリングという脳活動に着目し、実験室で新たな記号コミュニケーションシステムを構築する実験室言語進化実験における二者同時脳波計測という新奇なアプローチにより、実証的に探求している。

実験では 2 人の参加者が協調を要する課題に異なる部屋から参加する。この課題では声や表情等を用いる通常のコミュニケーションは使えないかわりに図形をメッセージとして用いる。図形は初期には無意味であるが、相互作用をする中で課題達成に必要な意味を表すようになる。課題の完全な成功には、記号が指し示す意味（表意）に加え、記号メッセージを用いる意図（含意）まで共有される必要がある。この課題に加え、参加者はランダムに振る舞う計算機を相手にした非コミュニケーションの記憶課題を行った（視覚刺激は両課題ではほぼ同一）。参加者 40 名（20

ペア)の両課題実行中の脳波を測定し、左運動野の C3 電極における有意な  $\mu$  波 (10-12Hz) 抑制をミラリングの指標として分析した。

両課題それぞれのメッセージ観察時に生じる  $\mu$  波抑制と、コミュニケーション課題に成功する程度、表意を表す記号システムを形成している程度、記号がうまく意図 (含意) を表している程度を指標化したものとの関係を分析した。その結果、両方の課題でミラリング活動が生じる人が、コミュニケーション課題により成功し、含意を表す記号コミュニケーションシステムの形成がよりうまくできることがわかった。これは、記号に対するミラリング活動、および、コミュニケーションの相手が居ない場合でもコミュニケーションしているようなミラリングの脳活動が生じる傾向性が、記号が表す発信者の意図を理解し、また記号の意味を相手と共有することに貢献することで、記号コミュニケーションの形成を支えていることを示唆している。

審査では、記号コミュニケーションシステムの形成プロセスについて二者同時脳波計測を行う実験系の確立と、ミラリングが意図伝達の記号形成に果たす役割を示したという新奇性が評価された。また、本研究が見出した脳活動は、運動観察で生じる通常のみラーとは異なる運動想起であり、抽象的な記号が表す他者の意図理解に関する新奇な脳活動である可能性が議論された。論文の完成度としてまだ不十分な点が指摘されたものの、研究成果の学術的意義が高く評価された。

以上、本論文は、知識表現の基盤である記号コミュニケーションの脳活動を検討するという知識科学の基礎的な課題について、実験室進化実験と二者同時脳波計測により実証的に明らかにしたものであり、学術的に貢献するところが大きい。よって博士 (知識科学) の学位論文として十分価値あるものと認めた。