

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：32634

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24730627

研究課題名(和文)動物の因果推論における時間情報の役割

研究課題名(英文)The role of temporal information in causal inference in non-human animals

研究代表者

澤 幸祐 (Sawa, Kosuke)

専修大学・人間科学部・教授

研究者番号：60407682

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ヒト以外の動物において外部の出来事間の時間関係が、それら間にある因果関係の推論にどのような影響を与えるのかを検討した。原因は必ず結果に先行するため、二つの出来事間に時間的な前後関係がある場合には因果関係の存在を推論し、二つの出来事が同時に生起するときにはそうした推論は行われなことが予想される。実験の結果、ラットにおいても出来事間の時間関係に応じて推論を行うことが示された。また、その際に「自分の行動が結果を引き起こした」という自己主体感をラットも経験していることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：In this series of experiments, we explored the role of temporal relationship among events on causal inference in non-human animals. Because the cause have to happen prior to the effect, temporal information is critical for detecting causal relationship among events. This leads the prediction that even non-human animals would detect the causal relationship if one event proceeds the other, but that two events occurred at the same time is not sufficient for detecting causality. The results of experiments confirm this prediction and suggested that non-human animals use temporal information for causal inference. Additionally, the results suggested the possibility that even rats experienced "sense of agency", where rats had some sense of that "the cause of the events is my own responding".

研究分野：学習心理学

キーワード：因果推論 時間学習 古典的条件づけ 連合学習 sense of agency

1. 研究開始当初の背景

(1) 外部環境内に存在する出来事間の関係性に関する学習は、特に動物においては古典的条件づけや道具的条件づけといった手続きによって検証されてきた。その説明原理は連合学習であり、出来事と出来事の共変関係の積み重ねで記述されることが一般的であった。一方で、我々は出来事間の関係性として「因果関係」を見出すことがある。「火がつく」という出来事と「煙が出る」という出来事の間には、時間的な前後関係と極めて高い共生起確率しか存在しなくとも、我々はそこに因果関係を見出す。古典的な連合学習理論の枠組みでは、こうした「相関・共変関係と因果関係の区別」を厳密に行うことは困難である。

厳密には、我々は外部環境内の出来事の生起を観察するだけでは、因果関係の存在を特定することはできない。環境に介入することで初めて、因果関係の存在を知ることができる。Waldmann and Hagmayer (2005)は、ヒトが環境内の事象生起を観察することと、自ら事象の生起に介入することを区別して異なる推論を行うことを示した。これを受け、Blaisdell, Sawa, Leising and Waldmann (2006)では、ラットを用いて同様の結果が得られることが示された。ヒト以外の動物においても、自らの反応によって環境への介入を行うことによって因果推論を行うことが示されたと言える。

しかしながら、Blaisdell, et al. (2006)の実験においては、外部事象間の時間関係に関する詳細な検討は行われていない。原因は必ず結果に先行して生起しなければならず、事象間の時間関係は因果関係と共変関係を分離する上では決定的に重要な要因である。そこで本研究では、事象間の時間関係と因果推論の関係を第一に扱う。

(2) 自らの反応が環境に介入し、事象の生起を促すという事態において因果関係を認知するためには、「これは自分が反応したせいである」というある種の主観的経験が必要となる。こうした主観的経験は“sense of agency”と呼ばれ、主にヒトを対象に研究が行われてきており、統合失調傾向者において健常者との間に差がみられることなどが知られている。しかしながら、ヒト以外の動物においては、チンパンジーを用いた研究があるものの、広く疾患の動物モデルとして用いられているラットのようなげっ歯類においては検討されていない。そこで本研究では、因果推論の実験事態を応用して、ラットにおいてもヒトと同様の“sense of agency”が存在するかについて検討を加える。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、まず、事象間の時間関係に関する学習が、ラットの因果推論において果たす役割を検討する。Blaisdell, et al (2006)

においては、“原因事象”として扱われる刺激の後に“結果事象”として扱われる刺激が到来するような訓練が用いられた。時間符号化仮説に基づけば、こうした訓練履歴はラットに時間地図の形成を促すと考えられる。本研究では、この訓練時における刺激間の時間関係を操作し、動物が示す因果推論様の行動に対して事象間の時間関係が示す役割を明らかにすることを目的とする。

(2) 本研究で用いる手続きにおいては、「ラットが自らレバーを押すことが刺激生起の原因となる」ということが重要となる。もしラットが「この刺激生起は自らの反応が原因である」というある種の主観的経験をしているならば、それはヒトにおける“sense of agency”のモデルととらえることが可能かもしれない。そこで本研究では、ラットがレバーを押してから刺激が提示されるまでの遅延時間を操作することで、「自分の反応が刺激提示の原因である」という判断が失われるタイミングを検討する。すでにヒトにおいてはこうしたタイミングに関して複数の感覚モダリティにおいて検討が行われており、ラットにおいても同様の結果が得られるのかを明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 因果構造の学習に与える刺激提示タイミングの効果

Blaisdell, et al. (2006)において用いられた因果推論事態の手続きを元に2群からなる実験を行った。図1に、本計画における事象提示のタイミング、およびそこから獲得されると予測される刺激間関係のダイアグラムを示す。

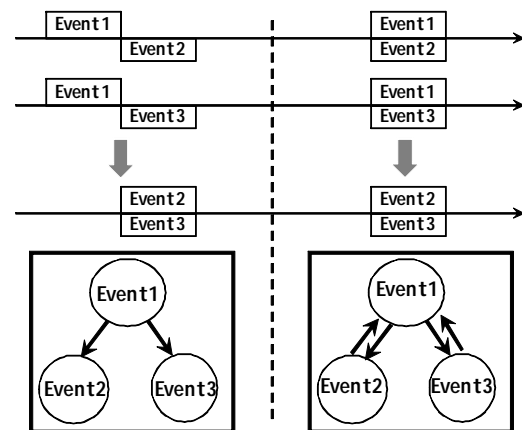


図1. 本研究における事象生起タイミングおよび予測される時間地図統合(上図)と事象間ダイアグラム(下図)。

上図は刺激提示のタイミングを表しており、時間が左から右へと経過していくことを示している。左に示した手続きにおいては、訓練において Event 1 が Event 2 と Event 3 に先行して提示されることを示しており、一方で右の手続きにおいては、Event 1 と Event 2 および Event 3 は同時に提示されることを示している。こうした手続きによって形成される刺激間の関係性は、図1下のように形成

されると考えられる。左図は、Blaisdell et al.と同様の手続きを取っており、Event 1 から Event 2 へ、あるいは Event 3 へという一方向的な関係が形成されると考えられる。右図の手続きにおいては、Event 1 と Event 2 および 3 は同時に生起しているため、一方向的な関係性を構築するのではなく、むしろ双方向的な関係が形成されると考えられる。しかしながら、異なる訓練手続きを用いて異なる関係性を学習させたとしても、時間符号化仮説に基づけば、両群ともに Event 2 と Event 3 の関係については同様の知識が獲得されると予測される。

こうした背景に基づき、スキナー箱を用いてラットに対して Event 1 および Event 2 を音刺激あるいは光刺激、そして Event 3 をエサ提示とした訓練を行った。図 1 右の手続きを Group Simultaneous(同時群)、左の手続きを Group Successive(継時群)とし、テストにおいては、レバー押しに対して Event 2 が随伴する状況でエサ皿へのノーズポーク反応を計測した。

(2) 因果関係の知識利用に事象生起タイミングが及ぼす影響

先述した実験手続きを踏まえ、同様の訓練を受けたラットに対して、テストにおいてレバー押し直後に Event 2 が生起する群、レバー押しから 500ms 経過後に Event 2 が生起する群、およびレバー押しから 1s 経過後に Event 2 が生起する群を設定した。ヒトにおけるこれまでの研究では、ヒトは自らの反応と外部事象生起の間に時間的遅延が挿入されることにより、「この事象は自分が反応したから生起したのだ」という感覚を失っていくことが示されている。本研究の手続きにおいて、レバー押しと Event 2 の生起の間に遅延が挿入されることが、ラットに対しても同様に「Event 2 の生起は自分が反応したことが原因である」という認知を消失させるとすれば、遅延時間の挿入によって Event 2 生起を観察しただけの結果と同様に、エサ皿への接近反応が増加すると予想される。

4. 研究成果

(1) 因果構造の学習に与える刺激呈示タイミングの効果

本実験の訓練期におけるノーズポーク反応の推移を図 2 に示す。グラフから読み取れるように、Group Successive よりも Group Simultaneous のほうがノーズポーク反応が一貫して多く観察されているが、これは Group Simultaneous では刺激提示とエサ提示が同時に行われているために条件反応と無条件反応が重畳していることが原因である。最終的には、両群ともに訓練が完了したものと判断し、テストを行った。

図 3 に、テストにおける両群のノーズポーク反応を示す。グラフからも読み取れるように、Group Simultaneous に比べて Group

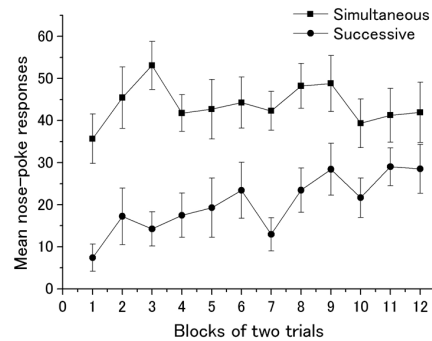


図2. 訓練期におけるノーズポーク反応の推移

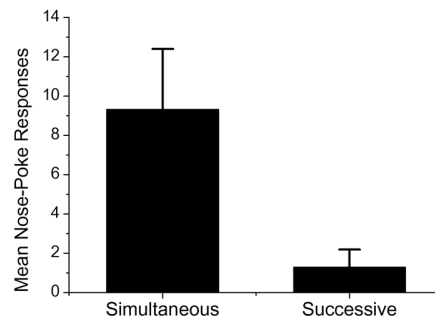


図3. テストにおけるノーズポーク反応

Successive においてノーズポーク反応が低下しており、これは統計的にも有意であった。この結果は、Blaisdell, et al. (2006)と傾向として一致しているばかりでなく、前後関係の存在しない事象の間には因果関係の存在を認知しないという判断をラットも行っていることを示唆している。

(2) 因果関係の知識利用に事象生起タイミングが及ぼす影響

本実験の訓練手続きは先述した実験の Group Successive と同様であったが、ほぼ同様の経過でノーズポーク反応を獲得した。図 4 に、テストにおけるノーズポーク反応を示す。

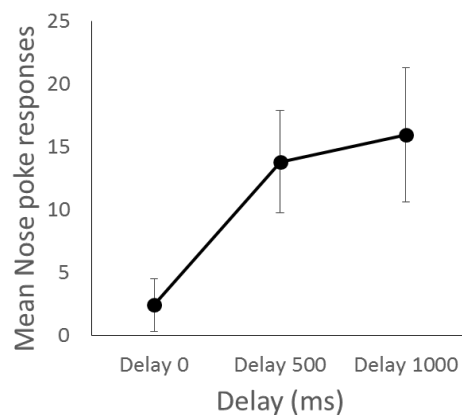


図4. テストにおけるノーズポーク反応

グラフからも読み取れるように、遅延時間が挿入されない Delay 0 の群においてはノーズポーク反応が減弱しており、これまでの結

果と一致する。遅延時間が 500ms、1s と増加するごとにノーズポーク反応は増加しており、500ms の遅延時間でも、「自らの反応が Event 2 を生起させたのではない」という判断を行っている可能性が示唆された。こうした結果は、げっ歯類における "sense of agency" の検討可能性を示した世界初のものであると考えられる。

<引用文献>

Blaisdell, A. P., Sawa, K., Leising, K. J., & Waldmann, M. R. (2006). Causal reasoning in rats. *Science*, 311, 1020-1022.

Waldman, M. R. & Hagmayer, Y. (2005). Seeing versus doing: two modes of accessing causal knowledge. *Journal of Experimental Psychology; Learning, Memory and Cognition*, 31, 216-27.

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Sawa, K., & Kurihara, A. (2014). The effect of temporal information among events on Bayesian causal inference in rats. *Frontiers in psychology*, 査読有, 5. 1142.

〔学会発表〕(計 1 件)

Sawa, K. & Kurihara, A. (2014). The role of temporal relationship among events in causal reasoning in rats. 日本動物心理学会第 74 回大会、犬山国際観光センター “フロイデ”

6 . 研究組織

(1)研究代表者

澤 幸祐 (Kosuke Sawa)
専修大学・人間科学部・教授
研究者番号：60407682