

平成 22 年 6 月 12 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2009

課題番号：20730481

研究課題名 (和文) 因果学習における事象生起時間の効果と連合学習理論

研究課題名 (英文) The effect of temporal information in causal learning and theory of learning.

研究代表者

澤 幸祐 (SAWA KOSUKE)

専修大学・文学部・准教授

研究者番号：60407682

研究成果の概要 (和文)：本研究では、被験者に対して呈示される事象間の関係性および被験者自らの反応と結果との関係性から、どのような因果関係を学習するかに関しておもに古典的条件づけや道具的条件づけの理論に基づいて検討を行った。その結果、事象の生起に関して同時的である場合には双方向性の連合が形成されるが、時間的方向性が一方向的である場合には因果の検出が行われること、また自らの反応の結果として生じる事象が快刺激であるか不快刺激であるかによって獲得される知識が異なる可能性が示唆された。

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：学習心理学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：学習・行動分析、因果学習、因果推論、連合学習理論

1. 研究開始当初の背景

(1) 因果推論と連合学習理論

ヒトを含む多くの生活体にとって、外部環境内に存在する因果関係を把握することは、その生存に重要な意味をもつ。自らの行動や反応と結果として生じる環境の変化に関する因果関係の知識は、効率のよい行動の選択を助けるだろうし、環境内に存在する事物間の因果関係の理解は、これから起こりうる環境の変化を事前に察知して対処することを可能にすると考えられる。

一方で連合学習理論は、因果関係を単純な刺激同士、もしくは反応と結果事象との結び

付きに還元することでヒトや動物の認知学習を説明しようと試みてきた。こうした研究方針は、さまざまな行動をうまく説明しうるのみならず、なによりもその節約性から心理学者を中心に広く受け入れられてきた。

連合学習理論の大きな特徴は、複数刺激の時空間的接近によって双方向性の連合が形成されるという、単純な過程によって複雑な認知現象を説明しようとするところにある。こうした過程は節約的な説明を与えることには成功してきたが、因果関係の理解に関しては不十分であると主張されている。

(2) 観察と介入による因果推論

この問題に関して Waldmann らは、ヒトを被験者として因果関係に関する推論における介入と観察の影響を Bayesian net theory の観点から検討を加えている。例えば、「気圧の変化」は「気圧計の変化」と「天候の変化」の共通原因であり、だからこそ我々は「気圧計の変化」を“観察”することで「天候の変化」が生じると推論することが可能である。一方、もし何者かが「気圧計の変化」を人為的に引き起こすように“介入”したことを知ったならば、気圧計が変化しても天候の変化を推論することはない。これは、因果構造の内的モデルに依拠して、観察と介入のそれぞれが異なる推論結果をもたらしたと解釈されるが、因果構造に含まれる三つの事象間をそれぞれ単一刺激と読み替えれば、連合学習理論の範疇では「気圧の変化」、「気圧計の変化」および「天候の変化」の間に双方向的な連合が生じると解釈される。しかしながら、連合学習理論においては事象間の結びつきは双方向的であるために、先に述べたような観察と介入の相違は予測できない。こうしたヒトの因果推論は、連合学習理論では解釈できないヒト固有のものと考えられてきた。

(3) 動物における因果推論と学習理論

我々はこうした問題に関して、動物でも同様の結果が得られることを示唆する報告を行った。この研究ではラットに対して、光刺激とエサ、同じ光刺激と音刺激の対呈示を行い、後にレバー押しに随伴して音刺激を与える群と非随伴で音刺激を与える群を設定した。すなわち、光刺激はエサと音の共通原因であり、レバー押し反応が因果構造への介入となるように、ヒトでの実験をラットにおいて“追試”しようと試みた。その結果、ラットにおいてもヒトと同様に、介入（レバー押しに随伴した音刺激呈示事象）と、観察（レバー押しに随伴しない音刺激呈示）によってラットは、もう一方の結果事象であるエサの到来について異なる予測を行うことが示された。この結果は、ラットにおいてもヒトと同様の因果モデルが形成可能であり、介入と観察によってことなる“推論”を行う能力をもつことを示唆している。

先に述べたように、動物の認知学習に関しては、連合学習理論がひとつの大きな理論的背景であったが、この結果はそうした解釈に疑問を投げかけているように思われる。そこで本申請の研究では、動物において用いられてきた連合学習理論と因果推論における認知論的解釈を対置し、主に連合学習理論の拡張によってこれらを統一的に解釈することを試みる。

2. 研究の目的

本研究では、ヒトを対象として因果推論課

題を行わせ、その背後にあるメカニズムを主に連合学習理論の観点から解釈することを試みる。具体的には、連合学習理論における「連合の双方向性」に関して取り扱う。先に述べたように、連合学習理論はその機械論的・機構論的性格から、複数刺激間に双方向性の連合が形成され、一方の刺激が呈示されると他方が機械的に活性化されると考えてきた。この仮定は、原因—結果という時間的に一方向的な構造と対立し、連合学習理論による因果構造の解釈を困難にしてきた。そこで本研究では、連合学習理論における双方向的連合を時間的一方向性という観点から捉えなおし、連合学習理論の枠組みによって因果構造のモデル化と説明を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 観察と介入による因果知識の獲得

私立大学生 40 名を実験参加者として研究を行った。新種の伝染病に関する原因解明というカバーストーリーの元で、「蚊の体内で化学物質が相互に関係している」という仮説を参加者に提示した。参加者はランダムに共通結果モデルの条件と共通因果モデルの条件のどちらかに分けられた。共通因果モデルに関しては、3 種類の架空の化学物質ピクシン(P)、ソニン(S)、キサタン(X)について P が S と X の分泌を促進しているという教示と図を呈示した。因果連鎖モデルに関しては、S は P の原因となり、P は X の原因となるという教示と図を呈示した。

引き続き、「この仮説を検証するためにアフリカでチンパンジーを使い、実験を行った時の症例」を提示した。このリストには 20 頭分の症例が 1 頭ずつ記述しており、20 頭のうち 8 頭は全ての物質が標準のレベルより高く、別の 8 頭は全ての物質が標準的なレベルであったと呈示した。他の 4 頭については、1 頭は P と X が標準的なレベルよりも増加していたが、S は変わってなかった、1 頭は P と X は標準的なレベルであったが、S は増加していた、1 頭は P と S が標準的なレベルよりも増加していたが、X は変わっていなかった、1 頭は P と S は標準的なレベルであったが、X は増加していたと呈示した。

最後にこれまでに呈示した情報に関する課題を設けた。介入条件の質問として参加者には、医者が S を増加させるようなまたは減少させるような物質を、20 匹の新しいチンパンジーに接種したと想像するよう求めた。一方で観察条件の質問として、S が標準的なレベルであったことまたは増加したことを観察したという記述があった。計 4 題それぞれに 20 頭のチンパンジーの中で X のレベルが標準よりも高いチンパンジーは何頭存在するかをそれぞれに答えさせた。

(2) 事象間の双方向連合と因果推論

引き続き、事象間の双方向連合と時間的前後性が因果推論に与える影響に関して検討を加えた。実験参加者として私立大学生8名を用い、先の実験と同様のカバーストーリーのもとで異なる因果構造モデルである共変因果モデルに基づいた教示と図を呈示した。この共変因果モデルの物質については、PがSやXを引き起こし、なおかつSがPを引き起こすという情報を与えた。

(3) 自らの反応と結果属性に関する学習と転移

これまでの研究に関しては、おもに参加者に対して事象間の生起・非生起の情報を呈示し、その中で因果関係を抽出させるというものであったが、介入条件の本質は「自ら反応することの結果」に関する学習であると考えられる。そこで、コンピュータ画面上に呈示される手掛かり刺激に対して自ら反応し、その結果として快事象が生起する場合と不快事象が生起する場合を設定し、手掛かり刺激と反応、結果の間の因果関係に関する知識獲得に関して実験を行った。

実験ではまず、「色」、「形」、「大きさ」のいずれかの文字刺激が手掛かりとして呈示され、そののちにこれら三つの次元で定義される視覚刺激が呈示された。「色」が呈示された場合には、視覚刺激の色を、「形」が呈示された場合には視覚刺激の形を、「大きさ」が呈示された場合には大きさをそれぞれキー押しによって回答させた。その際、参加者の反応が正解であった場合にポイントが加算される「ポジティブ条件」、正解してもなにも与えられないが不正解の場合にポイントがはく奪される「ネガティブ条件」、両方が50%で生起する「中性条件」を設定した。

この経験の後、参加者は先に使用された視覚刺激の呈示を受け、左右どちらかのキー押しを行うよう求められた。どちらのキーが正解としてポイントの加算を導くかは教示されず、参加者は自らどちらのキー押しが正解であるかを推論するよう求められた。

(4) 回顧的再評価とラットの道具的学習

背景において述べたように、連合学習研究の主な被験体種であるラットにおいても、因果推論に関する知見が得られている。そこで、本研究においても自らの反応と結果に関する学習である道具的学習事象において、特に回顧的再評価と呼ばれる現象を用いて検討を加えた。

実験箱内のラットに対して、刺激A呈示時にはレバー押しに対してエサを呈示するが、刺激AとXの対呈示時にはエサを呈示しないという弁別訓練を行ったのち(e.g., A+/AX-)、刺激A呈示時のレバー押し反応を消去する群、

消去しない群を設定し、反応と結果との関連に関する新たな知識が、過去に獲得した刺激Xに関する知識に影響を及ぼすかを加算テストによって検討した。

4. 研究成果

(1) 観察と介入による因果知識の獲得

本実験の結果を表1に示す。

		介入		観察	
		増加	減少	増加	標準
共通因果	平均	10.85	6.95	11.95	6.1
	標準偏差	3.72	4.61	4.65	3.65
因果連鎖	平均	14.35	3.95	12	5.2
	標準偏差	4.83	5.16	5.05	3.98

表1. 各因果モデルにおける反応度数

表からも見て取れるように、観察条件においては共通因果モデル、因果連鎖モデルのいずれにおいても増加・標準の判断には差が見られない。一方、介入条件においては、因果連鎖モデルと比べて増加の判断が有意に減少し、また減少の判断が有意に増加した。これらの結果は、与えられた情報に基づいて異なる因果モデルを形成することができることおよび介入と観察によって異なる判断を下すことができることを示している。

(2) 事象間の双方向連合と因果推論

本実験の結果を表2に示す。

		介入		観察	
		増加	減少	増加	標準
共変因果	平均	13.63	2.38	11.63	5.13
	標準偏差	5.05	3.28	4.36	4.46

表2. 共変因果モデルにおける反応度数

表からも見て取れるように、介入・観察の両条件において増加・減少の間および増加・標準の判断に有意な差が見られた。しかしながら、介入・観察の条件間では判断の傾向に有意な相違がみられず、共変関係にある刺激が呈示された場合には、共通因果モデルなどのように介入と観察による異なる推論を行わないことが示された。この結果は、時間的的方向性が限定されている一方向的な刺激間の関係性においてのみ、因果関係の推論が行われることを示唆しており、連合学習理論が仮定する双方向的な連合が形成される場合に獲得される知識は、因果関係の認識をもたらさない可能性を示唆している。

(3) 自らの反応と結果属性に関する学習と転移

本研究は今後も継続する予定であるが、現時点において60歳以上の高齢者を対象に行った研究の結果が一部得られており、その結果、自らの正反応が快事象の原因となっていた条件のほうが、不快事象あるいは中性事象の原因となっていた場合に比べて刺激性制

御の程度が転移しやすいこと、しかしながらこの転移は、不快事象や中性事象に比べて快事象が生起していた条件のほうが失われやすいことなどが示唆された。この結果は、単なる事象間の関係性のみならず事象の持つ情動的側面が因果知識になんらかの影響を与えていることを示唆しており、これまでにない結果であると言える。今後も継続してデータを取得し、特に若年者との違いを検討することによってさらなる知見の発見を目指す。

(4) 回顧的再評価とラットの道具的学習

A+/AX-訓練によって良好な弁別学習を確認した後、別途訓練した興奮子Bを用いた加算テストを行った。加算テスト時のレバー押し反応率を図1に示す。

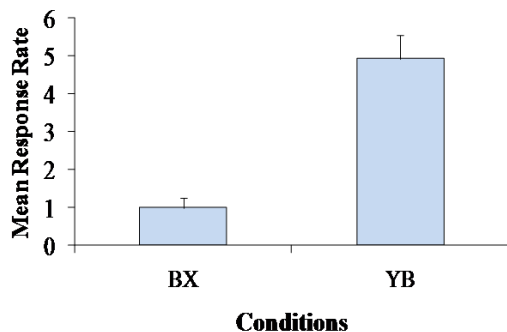


図1. 加算テスト時の平均反応率

図からもわかるように、刺激Xは刺激Bが誘発する反応を、新規な中性刺激Yよりも有意に強く抑制することが確認された。加算テストによる抑制の確認後、刺激Aの消去を行ったうえで再度加算テストを行った結果、刺激Xによる抑制効果は変化しなかった。この結果は、回顧的再評価現象を示唆するものではなく、むしろ媒介条件づけと呼ばれる現象の生起を示唆するものであった。

これまでに報告されているラットの推論様行動は、電気ショックを用いた古典的条件づけ場面が多く、エサ報酬を用いた道具的条件づけ場面においては報告がほとんどない。本結果は、こうしたこれまでの傾向を間接的に追認するものであるが、ラットにおける因果推論が確認された例は道具的事態であり、現象の一般性を高める上でもパラメータの操作などを加えることでさらなる検討を加える必要があると思われる。

(5) まとめ

本研究の結果、ヒトや動物は外部環境内の事象間に因果関係を見出す際には事象間の一方向的関係性が必要であることが示唆され、またそうした事象の持つ情動的側面もまた、因果関係の知識獲得に影響している可能

性が示唆された。これらの成果の一部は、学会・論文などで発表されており、今後も継続してデータを蓄積していく予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① Iguchi, Y., Sawa, K., & Ishii, K. Learning About Absent Outcome in the Presence of Conditioned Excitor and Inhibitor: A Study Using Conditioned Flavor Preference. *International Journal of Comparative Psychology*, 査読有, inpress
- ② 澤 幸祐, 比率累進スケジュールによる強化子価値測定について —強化子予期の観点から, 専修人文論集, 査読無, 86, 2010, 73-94
- ③ 澤 幸祐, 学習心理学から見た動物の推論について, 現代文化研究会, 査読無, 85, 2009, 58-71
- ④ Sawa, K. (2009). Predictive behavior and causal learning in animals and humans. *Japanese Psychological Research*, 査読有, 51, 2009, 222-233.

[学会発表] (計4件)

- ① 栗原 彬, 廣中直行, 澤 幸祐, ラットの道具的条件づけにおける回顧的再評価の検討, 日本動物心理学会, 2009年9月26日, 岐阜大学
- ② 室田尚哉, 宮田久嗣, 澤幸祐, ラットがレバーを押し続ける行動にニコチンが及ぼす影響, 日本動物心理学会, 2009年9月26日, 岐阜大学
- ③ 室田尚哉, 宮田久嗣, 澤幸祐, 無強化試行においてラットのレバーを押し続ける行動にニコチンが及ぼす影響, 日本基礎心理学会, 2009年12月5日, 日本女子大学
- ④ 栗原 彬, 廣中直行, 澤 幸祐, ラットの道具的条件づけにおける回顧的再評価の検討: デフレーションとインフレーションの手続きを用いて, 日本基礎心理学会, 2009年12月5日, 日本女子大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

澤 幸祐 (SAWA KOSUKE)

専修大学・文学部・准教授

研究者番号: 60407682