

# 因果判断における共変情報の2つの処理プロセス

服部 郁子 (iht23083@pl.ritsumeimei.ac.jp)  
立命館大学 文学部

なんらかの事象が起きたとき、それがもたらす結果や、あるいはその原因と考えられる事象をできるかぎり正確に推定することは、取るべき行動を決める上で必要不可欠な認知的能力のひとつである。因果に関する判断は、ある事象と別の事象とがどの程度共に変動して起こるかという共変情報を反映していると考えられる。人が共変情報からどのように事象間の因果的な関連性の強さに関する知識（因果強度）を獲得するのかに関して、大きく2つの見方がある。ひとつは入力データが内的な因果強度を直接変えるという学習の観点に立った見方である (e.g., Rescorla & Wagner, 1972; Van Overwalle & Van Rooy, 1998)。もうひとつは、入力データを何らかの基準で計算するという判断の観点である (e.g., Cheng, 1997; Hattori, 2003)。

Anderson and Sheu (1995) は、学習時のサンプル数の増大が被験者の因果判断を変化させることを指摘した。このことは、因果関係を判断する際に、事象間の因果強度だけではなく、サンプリングされたデータの確からしさの評価（確実性）もまた影響していることを示唆する。人は共変情報から、事象間の因果強度に関する情報と、共変に対する確実性に関する情報を別々に獲得できるのではないだろうか（図1）。必要に応じて2つの情報を統合し、因果判断を下すのかもしれない。しかしながら、確実性情報がどのように因果関係の判断に影響するのかについてはこれまでほとんど研究されていない。本研究では2つの実験を通して、(1) 人が因果強度と確実性に関する情報を別々に処理できるかどうか、(2) それら2つの情報が因果判断においてどのように影響しあうのかについて検討した。

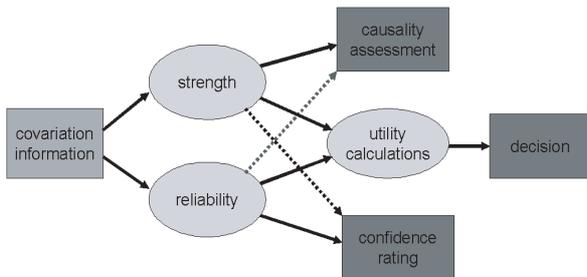


図1 因果判断における共変情報の2つの処理プロセス。

## 実験 1

### 方法

被験者および実験条件 大学生 432 名が参加した。被験者は、後述の質問（因果強度 / 確実性）× 刺激タイプ（EE / UE / EU / UUu / UUc; 各 2 または 3 種類）の組み合わせからなる 15 条件のうち、いずれかひとつの条件に無作為に割り当てられた。

課題 架空の 2 人の野球選手について、今シーズンの前半 24 試合のデータを比較し、質問に応じてどちらか片方の選手を選ぶという強制選択課題を用いた。質問紙は、教示 1 ページと問題 1 ページからなり、図 2 は問題ページの一例である。問題ページには、選択肢とその共変情報、質問が含まれていた。カバーストーリーとして、被験者は野球チームのマネージャーに選手との契約に関してアドバイスをする仕事をしており、そのため被験者は選手の戦績を評価する必要があるという教示が与えられた。

選択肢（選手 A と B）の共変情報の組み合わせは 11 通り用意された（表 1 の各行）。Config. の数値は共変情報を表し、それぞれの選手が試合に出場したかどうか（原因）、その試合にチームが勝ったかどうか（結果）を示している。順に、a（原因あり・結果あり）、b（原因あり・結果なし）c（原因なし・結果あり）、d（原因なし・結果なし）の頻度に対応する。

Str. と Rel. は選択肢 A と B の因果強度と確実性の比較を示す。因果強度は、 $H$  (Hattori, 2003)、Power PC 理論 (Cheng, 1997)、 $\Delta P$  の 3 つの指標によって推定された。確実性の値は  $ESS = (a+b)d/(c+d)$  という指標に基づいて計算された (Hattori, Hattori, & Buehner, 2006)。これらの推定値に基づいて、刺激の選択肢 A と B の組み合わせは EE から UUc の 5 タイプに分けることができる。タイプ EE とは、2 つの選択肢が因果強度の観点からも確実性の観点からも差がない組み合わせである。UE と EU は、因果強度か確実性、どちらか一方の指標において 2 つの選択肢に差があるものを表す。UE は、選択肢 A の方は B より因果強度が高いが、確実性の点では A と B に差がない。逆に、EU は、因果強度の点では 2 つの選択肢間に差はないが、確実性の点では選択肢 A の方が B より高い。一方、UUu と UUc は、2 つの選択肢が因果

表 1 実験 1 で用いられた刺激の共変情報と実験結果（選手 A の選択率）

Type	Str.	Rel.	Config.	Player A				Player B				Prop. of A		
				H	PW	$\Delta P$	EES	Config.	H	PW	$\Delta P$	EES	CA	RE
EE	A = B	A = B	7,5,3,9	.64	.44	.33	9	9,3,5,7	.69	.57	.33	7	.40	.51
	A = B	A = B	3,9,3,9	.35	.00	.00	9	4,8,4,8	.41	.00	.00	8		
UE	A > B	A = B	12,0,5,7	.84	1.00	.58	7	5,7,5,7	.46	.00	.00	7	.95	.59
	A > B	A = B	12,0,1,11	.96	1.00	.92	11	1,11,1,11	.20	.00	.00	11		
EU	A = B	A > B	6,6,0,12	.71	.50	.50	12	11,1,9,3	.71	.67	.17	3	.49	.65
	A = B	A > B	10,2,7,5	.70	.60	.25	5	8,4,2,10	.73	.60	.50	10		
	A = B	A > B	5,7,1,11	.59	.36	.33	11	10,2,6,6	.72	.67	.33	6		
UUu	A < B	A > B	2,10,2,10	.29	.00	.00	10	11,1,8,4	.73	.75	.25	4	.10	.43
	A < B	A > B	1,11,1,11	.20	.00	.00	11	11,1,7,5	.75	.80	.33	5		
UUC	A > B	A > B	12,0,0,12	1.00	1.00	1.00	12	6,6,6,6	.50	.00	.00	6	.84	.65
	A > B	A > B	11,1,0,12	.96	.92	.92	12	11,1,10,2	.69	.50	.08	2		

Note: Config. denotes the cell configuration of two options, Player A and B, in the task. Its numbers indicate the frequencies of the cell a, b, c and d in the order. Str. and Rel. indicate the combination between A and B in strength and in reliability, respectively. Prop. of A notes the proportion of which participants selected A in the experiment. CA and RE represent Causality Condition and Reliability Condition, respectively.

強度と確実性の両方において差があるものをいう。UUu は、2つの選択肢が因果強度と確実性の点で相反している。つまり、選択肢 A は因果強度において B よりも低いが、確実性という点では B よりも高い。UUC は、2つの選択肢に差があるけれども、その差の傾向が両指標において同じものである。つまり、選択肢 A は、因果強度、確実性、どちらの指標においても B よりも高い。

上述の刺激を、2種類の異なる質問条件によって評価させた。ひとつは因果強度質問条件（CA 質問条件）であり、被験者はチームの勝利により強い影響を与えた選手を選択するように教示された。一方、確実性質問条件（RE 質問条件）では、被験者は同じようにチームの勝利に影響力の強い選手を選択するように求められたが、選択を誤ると自分にリスクが及ぶ（アドバイザーとしての仕事の依頼がなくなる）可能性が指摘され、より確実に影響を及ぼすと思う選手を選ぶべきであることが強調された。RE 条件ではさらに、選択した選手の契約に関する助言について2つの選択肢（契約更新 / 契約終了）から1つを選択させた。教示文は両条件でほとんど同じものが用いられたが、RE 条件では判断によって生じうるリスクと判断の正確さの重要性を強調する文が加えられた。すなわち、被験者は、後半戦でもその選手と契約を更新すべき、あるいは契約を終了すべき、どちらの助言を選択してもよいが、どちらかより確実に因果性を判断できると思う選手を選ぶべきであるということが強調された。

手続き 実験は授業の一部として集団で行われた。各被験者は質問冊子を1部ずつ配布され、教示文をよく読んでから質問に答えるよう口頭で説明された。また、問

題を考える際には、計算式などを書いたりせず、頭の中で直感的に考えて回答するように指示された。回答時間は特に制限を設けなかった。



図 2 課題の2つの選択肢（選手 A と B）に関する共変情報（試合への出欠場と勝敗）と質問の例（因果強度質問条件、タイプ EE の1行目の共変情報の組み合わせの場合）。

### 結果および考察

表 1 の右 2 列は、5つの刺激タイプのごとの、被験者の選択肢 A の選択率を表している。CA は因果質問条件、RE は確実性質問条件である。選択肢の共変情報は2つの教示条件で同一の組み合わせであったにもかかわらず、全体的に被験者の選択傾向には教示条件による有意な差がみられた（UE ( $\chi^2(1, N = 78) = 14.2, p < .01$ ), UUu ( $\chi^2(1, N = 84) = 11.6, p < .01$ ), UUC ( $\chi^2(1, N = 86) = 3.9, p < .05$ )). EU も同様の傾向がみられたが有意ではなかった ( $\chi^2(1, N = 103) = 2.8, p = .09$ ). EE では有意な差はみられなかった ( $\chi^2(1, N = 81) = 1.0, p = .31$ ).

被験者は共変情報から因果強度に関する情報と確実性に関する情報とを別々に推定することができると考えられる。しかし、確実性を特に考慮する必要を明示されない場合には、主として因果強度情報にのみ基づいて因果的な判断を下す傾向が高い。

## 実験 2

実験 1 では共変情報が一括して提示された。しかし、日常場面では通常、共変情報を 1 事例ずつ獲得することの方が多し。実験 2 では、より日常的な因果帰納状況においても実験 1 と同じ選択傾向がみられるかどうかを調べるため、共変情報を 1 事例ずつ提示した。また、サンプル数の増加によって、一般に共変情報に対する確実性は高くなると考えられる。実験 2 では、実験 1 の実験条件にサンプル数要因を加え、2 つの異なるサンプル数における因果判断の比較を行なった。

### 方法

**被験者および実験条件** 実験 1 とは別の大学生 158 名が被験者として参加した。ただし、2 名は回答漏れがあったため除外し、156 名分を分析対象とした。実験条件は、質問（因果強度 / 確実性）× 刺激タイプ（UE / UUu）× サンプル数（24 試合 / 36 試合）であった（うち、質問と刺激タイプは被験者間、サンプル数は被験者内要因）。

**課題および手続き** 24 サンプルの刺激には、実験 1 で用いた組み合わせの中から UE と UUu の 2 タイプを用いた。36 サンプルの刺激には、同様に UE と UUu の 2 タイプ（各 2 セット）を、因果強度および確実性の指標の推定値が 24 サンプルと同程度になるものが選ばれた。刺激の共変情報は表 2 の通りである。

実験は個室でパーソナルコンピューターを使用して個別に実施された。共変情報は、図 3 のように、1 事例ずつシーケンシャルにモニターに提示された。事例は、ある日の試合に各選手が出場したかどうか（原因）とその試合の勝敗（結果）とを対にした絵として表され、被験者のキー操作によって 1 試合分ずつ順に提示された。各事例の提示順序は被験者ごとにランダム化された。

被験者は 2 人の選手の今シーズン前半の試合の成績を 1 人分ずつ順に見た後、CA 質問条件または RE 質問条件でどちらか片方の選手を選択するように求められた。続いて、別の 2 選手について、順に前半戦の成績を提示された後、同一の質問条件で選択を行なった。被験者の約半数は 24 サンプルを先に、残りの被験者は 36 サンプルを先に提示された。RE 条件ではさらに、選手を選択した後、選んだ選手の契約に関して与える助言を契約更新

または契約終了のうちから 1 つ選択した。その他の課題の作成方法および手続きは実験 1 に準拠した。

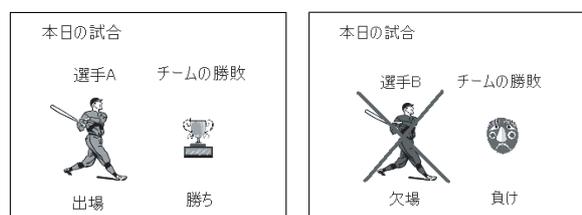


図 3 課題の提示画面。左図は原因あり・結果あり事例の画面、右図は原因なし・結果なし事例の画面の例を表す。

### 結果および考察

サンプル数別に、刺激タイプと質問条件による影響を調べた。24 サンプルでは、UE、UUu タイプとも同じ傾向がみられた。CA 質問条件では因果強度の強い選択肢（UE では選択肢 A、UUu では選択肢 B）が選択される割合が高かった。一方、RE 質問条件では、CA 条件と同じ共変情報であるにもかかわらず、因果強度の高い選択肢の選択率は CA 条件に比べて低かった。分散分析を行った結果、質問条件による主効果にのみ有意差がみられた ( $\chi^2(1, N = 156) = 24.27, p < .01$ )。刺激タイプによる主効果および交互作用には有意な差はみられなかった ( $\chi^2(1, N = 156) = 0.10, ns$ ;  $\chi^2(1, N = 156) = 2.48, ns$ )。36 サンプルでは、質問条件による主効果 ( $\chi^2(1, N = 156) = 32.15, p < .01$ ) および刺激タイプとの交互作用 ( $\chi^2(1, N = 156) = 4.94, p < .05$ ) が有意であった。選択肢タイプによる主効果はみられなかった ( $\chi^2(1, N = 156) = 3.12, ns$ )。サンプル数の違いによる選択傾向への影響を調べるため、刺激タイプ別に、質問条件とサンプル数の交互作用を検定した UE、UUu、どちらのタイプにおいても交互作用は有意ではなかった (UE:  $z = 0.92, ns$ ; UUu:  $z = 0.41, ns$ )。

以上の結果から、明示的に判断の重要性が喚起されることによって、共変情報の確実性を考慮する傾向が高くなると考えられる。これは実験 1 の結果とも一致する。またさらに、タイプ UUu のように、2 つの選択肢で因果強度と確実性の指標が食い違う場合には、サンプル数が増えることによって確実性情報が考慮されやすくなる。ただし、CA 条件では選択率が下がっていないことから、因果強度の方が因果判断に対する影響力は強いと考えられる。

### 考察

被験者の選択傾向は、同一の共変情報にもかかわらず、質問条件によって大きく異なった。明示的に判断におけ

表2 実験2で用いられた刺激の共変情報と実験結果（因果強度の高い選択肢の選択率）

Type	Str.	Rel.	Player A				Player B				Prop. of HS			
			Config.	H	PW	$\Delta P$	EES	Config.	H	PW	$\Delta P$	EES	CA	RE
24 sample														
UE	A > B	A = B	12,0,5,7	.84	1.00	.58	7	5,7,5,7	.46	.00	.00	7	.98	.61
	A > B	A = B	12,0,1,11	.96	1.00	.92	11	1,11,1,11	.20	.00	.00	11		
UUu	A < B	A > B	2,10,2,10	.29	.00	.00	10	11,1,8,4	.73	.75	.25	4	.91	.71
	A < B	A > B	1,11,1,11	.20	.00	.00	11	11,1,7,5	.75	.80	.33	5		
36 sample														
UE	A > B	A = B	18,0,8,10	.83	1.00	.56	10	8,10,8,10	.47	.00	.00	10	.98	.50
	A > B	A = B	17,1,6,12	.84	.92	.61	12	2,16,2,16	.24	.00	.00	16		
UUu	A < B	A > B	3,15,3,15	.29	.00	.00	15	16,2,11,7	.73	.71	.28	7	.79	.54
	A < B	A > B	2,16,2,16	.24	.00	.00	16	16,2,10,8	.74	.75	.33	8		

Note: Config. denotes the cell configuration of two options, Player A and B, in the task. Its numbers indicate the frequencies of the cell a, b, c and d in the order. Str. and Rel. indicate the combination between A and B in strength and in reliability, respectively. Prop. of HS shows the proportion of which participants selected the choice with higher causal strength in the experiment. CA and RE represent Causality Condition and Reliability Condition, respectively.

るリスクを教示されない場合には、因果強度の高い選択肢を選択する傾向が極めて高いが、教示によって判断の慎重さの必要性を示唆されると、選択率が低下した。また、サンプルサイズが増加すると、教示条件に関わらず、確実性の高い選択肢を選択する割合が増加した。ゆえに、サンプルサイズの増加によって自主的に確実性情報を考慮しようとする傾向が高くなると考えられる。

2つの実験の結果は、被験者が因果の共変情報から因果強度に関する情報とその共変の確実性に関する情報とをそれぞれ別に知覚できることを示している。すなわち、因果判断には、事象間の因果強度を判断するプロセスと、それらの事象間に何らかの因果関係を認めることに対する妥当性（共変の確実性）を判断するプロセスの、2つの異なるプロセスが存在することを示唆する。人や動物が日常場面において事象間の因果関係を推測するとき、その因果判断は通常それをもとに何らかの行動を決定するという目的を持っている。ゆえに、因果判断ができる限り正確であることが必要となる。確実性情報は、リスク状況下での判断のように、推論者が慎重な意思決定を必要とする場面で因果判断に影響を与えられられる。ただし、RE 質問条件においても、選択傾向は確実性の推定値と単純に一致しないことから、因果判断は因果強度の評価に基づいて行われ、必要に応じて確実性に関する情報を考慮して判断を修正するというような、2段階の処理と考えるべきなのかもしれない(e.g. White, 2002, 2005)。

現在提案されている因果帰納モデルの多くは主として因果強度情報に基づく判断を説明する。因果帰納を学習と捉える立場のモデルはサンプルサイズによる影響をあ

る程度扱うことができる(e.g. Shanks, 1995)が、質問条件による選択率の変化をうまく説明できない。本実験の結果は、因果帰納モデルにおいて、共変情報から因果強度だけでなく、確実性情報を処理するもうひとつのプロセスを考慮する必要性を示唆する。

## 文献

- Anderson, J. R., & Sheu, C. F. (1995). Causal inference as perceptual judgments. *Memory & Cognition*, 23, 510–524.
- Cheng, P. W. (1997). From covariation to causation: A causal power theory. *Psychological Review*, 104, 367–405.
- Hattori, I., Hattori, M., & Buehner, M. (2006). Causal strength and reliability: Two processes in causal reasoning. In *Proceedings of the 28th Annual Conference of the Cognitive Science Society and the 5th International Conference of the Cognitive Science (CogSci / ICCS 2006)* (pp. 107–108). Sheraton Vancouver Wall Centre, Vancouver, Canada.
- Hattori, M. (2003). Adaptive heuristics of covariation detection: A model of causal induction. In *Proceedings of the 4th International Conference on Cognitive Science (ICCS/ASCS 2003)* (Vol. 1, pp. 163–168). The University of New South Wales, Sydney, Australia.
- Rescorla, R. A., & Wagner, A. R. (1972). A theory of Pavlovian conditioning variations in the effectiveness of reinforcement and nonreinforcement. In A. H. Black & W. F. Prokasy (Eds.), *Classical conditioning II: Current research and theory* (pp. 64–99). New York: Appleton Century Crofts.
- Shanks, D. R. (1995). Is human learning rational? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48A, 257–279.
- Van Overwalle, F., & Van Rooy, D. (1998). A connectionist approach to causal attribution. In S. J. Read & L. C. Miller (Eds.), *Connectionist models of social reasoning and social behavior* (pp. 143–171). Lawrence Erlbaum Associates.
- White, P. A. (2002). Perceiving a strong causal relation in a weak contingency: Further investigation of the evidential evaluation model of causal judgment. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 55A, 97–114.
- White, P. A. (2005). Judgement of two causal candidates from contingency information: II. effects of information about one cause on judgements of the other cause. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 58A, 999–1021.