慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	少数の法則を補足する説明の妥当性の検討： 生成過程の違いによる説明と結果予測の成否による説明
Sub Title	On the validity of explanations complementing "the law of small numbers"
Author	八賀, 洋介(Hachiga, Yosuke) 森元, 良太(Morimoto, Ryota) 古賀, 聖人(Koga, Masato) 坂上, 貴之(Sakagami, Takayuki)
Publisher	慶應義塾大学大学院社会学研究科
Publication year	2008
Jtitle	慶応義塾大学大学院社会学研究科紀要：社会学心理学教育学： 人間と社会の探究 (Studies in sociology, psychology and education : inquiries into humans and societies). No.66 (2008.) ,p.55- 68
JaLC DOI	
Abstract	Purpose: A popular cognitive explanation called "the law of small numbers" suffers from a trouble on its prediction power so that it is not clear to predict one' s judgement about whether the runs of event last or break. In this experiment, we examine the validity of two complementary explanations, on one of which people's making prediction depends on their belief about the process produced runs, on the other of which it depends on success and failure of their prediction of the outcome on last trial. Method: On within-subject ABAB design, 40 subjects made prediction on total 864 trials of binary outcomes, consisting of four phase of the series produced by either Bernoulli or sine with random noise process. Results : Subjects demonstrated their capacity of discrimination by two processes. They judged with negative correlation as runs extended under Bernoulli phase, where as with positive correlation under sine with noise phase The analysis of success and failure didn't show the tendency that previous study suggested. Discussion: We discuss the results can interpret from the study about the bias of subjective randomness, where as the law of small numbers showed other trouble to explain two opposing prediction.
Notes	論文
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN0006957X-00000066-0055

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

“少数の法則”を補足する説明の妥当性の検討

——生成過程の違いによる説明と結果予測の成否による説明——[i]

On the Validity of Explanations Complementing “the Law of Small Numbers”

八　賀　洋　介[ii]・森　元　良　太[iii]
Yosuke Hachiga　*Ryota Morimoto*
古　賀　聖　人[iv]・坂　上　貴　之[v]
Masato Koga　*Takayuki Sakagami*

Purpose: A popular cognitive explanation called “the law of small numbers” suffers from a trouble on its prediction power so that it is not clear to predict one's judgement about whether the runs of event last or break. In this experiment, we examine the validity of two complementary explanations, on one of which people' s making prediction depends on their belief about the process produced runs, on the other of which it depends on success and failure of their prediction of the outcome on last trial. **Method:** On within-subject ABAB design, 40 subjects made prediction on total 864 trials of binary outcomes, consisting of four phase of the series produced by either Bernoulli or sine with random noise process. **Results:** Subjects demonstrated their capacity of discrimination by two processes. They judged with negative correlation as runs extended under Bernoulli phase, whereas with positive correlation under sine with noise phase. The analysis of success and failure didn't show the tendency that previous study suggested. **Discussion:** We discuss the results can interpret from the study about the bias of subjective randomness, whereas the law of small numbers showed other trouble to explain two opposing prediction.

繰り返し選択を行う際，ヒトの意思決定は直前数試行の結果事象の影響を受ける。この現象は結果事象系列への親近性 (recency) 効果として言及されてきた。心理学において負の親近性は賭博者の錯誤 (Gambler's Fallacy, 以降 GF と略) として 50 年以上前から研究されている (Jarvik, 1951)。たとえば，コイン投げのようにランダムに生じる二つの事象の次試行での結果予測を行う際，直前までの試行で同じ事象が繰り返し生起するほど，逆の事象を結果として予測しやすくなる (Anderson, 1960; Edwards,

i 本研究は 2006 年度「魅力ある大学院教育」イニシアティブ(心に関する研究科横断プロジェクト型教育)の助成を受けた。
ii 慶應義塾大学大学院社会学研究科　心理学専攻博士課程（行動分析学）
iii 慶應義塾大学通信教育部　非常勤講師
iv 慶應義塾大学大学院文学研究科　哲学・倫理学専攻博士課程（心の哲学）
v 慶應義塾大学文学部　教授

1961; Hake & Hyman, 1953; Jarvik, 1951; Nicks, 1959; Witte, 1964)。事象系列に負の相関がある場合にそれに対応した親近性を見せるならば問題はないが，コイン投げのように事象がランダムに生じる場合に親近性が生じることは逸脱 (anormaly) 現象とみなされてきた。

Tversky and Kahneman (1971) および，Kahneman and Tversky (1972) はこの現象を，母集団から抽出された標本に関して人々が持つ認知的な誤りや偏りに基づいて説明をし，この説明が今日まで多くの研究者が採用するものとなっている。この説明は広義には代表性のヒューリスティックと (representative heuristic) 呼ばれるが，特に「少数の法則 (the law of small numbers)」と呼ばれる認知的説明が負の親近性を説明するために使われる。Tversky らによればヒトは統計における大数の法則が少数の標本でも実現しているとみなす認知的誤りを犯す。すなわち，ランダムに生じている結果事象の系列は，少ない標本数であったとしても，ランダム過程の特性—たとえば，ランダムネスの特徴として規則的なパターンが存在しないことなど—を反映しているとみなすことである。したがって，繰り返し独立して行なわれるコイン投げから生み出された系列の表 (H) 裏 (T) の出現に H T H T H T H T や T T H H T T H H のようにはっきりした規則性がある場合にはランダムネスが損なわれていると考える。同様に，同じ事象が連続して出現する系列もランダムな過程からの代表的標本ではないと考え，それを修正すべく，次には等確率生起の特性を反映して逆の事象が生じると予測する。

ところが，正の親近性に対する逸脱現象に対しても同様の認知的説明が与えられている。人々が持つ一般的な信念として，バスケットボール選手にはホットハンド (Hot Hand) と呼ばれる，通常期待されるよりも有意にシュート成功率が高まる期間があるといわれる。 Gilovich, Vallone, and Tversky (1985) はこの信念を検証するために，ある NBA チームの年間シュート記録，フリースロー記録，統制された環境下での大学生選手によるフリースロー記録を分析した。条件つき確率，連検定，定常性の検定などランダムネスに関する一連の検定のいずれにおいてもランダムな系列から有意に異なる現象は確認されなかった。それにもかかわらず，人々はシュートの成功失敗にホットハンドを見ていたことがわかった。ここでも事象系列に正の相関があり，それに対応した親近性を見せるならば問題はないが，事象がランダムであるにもかかわらずホットハンドを見ることは逸脱現象と考えられる。このホットハンドファラシー（Hot Hand Fallacy, 以降 HF と略）現象に対して Gilovich et al. (1985) はランダム過程から期待されるような系列であっても，すなわち，ある長さの連を持つ系列の生起確率がそれほど小さくなくても，ヒトは連が長すぎランダムネスの代表性を損なっていると認知するために生じると説明した。たとえば 20 回のコイン投げにおいては 4 回連続で H が出ることは特別なことではなく十分に起こりうるが，ヒトはその連続生起を含む系列をランダムネスの代表性を損なうものとみなし，それだけではなくランダム過程からの産物であることをそもそも疑うかもしれない。

2 種類の親近性に対する代表性の説明は同じ原理で正反対の二つの現象を説明する点に問題がある (Gigerenzer, 2000)。GF ではヒトは連が止まることを予測し，HF では連が続くことを予測する。この欠点を補うために，何らかの別の過程によって説明を補う必要があると思われる。

一つの付加的説明は，ある長さの連を目にした場合の次試行の予測は，ヒトが現在の事象がどのような過程から生成されたと考えるかに依存するということである。たとえば Ayton and Fischer (2004) は教示によって系列が人為的に生成されたと言われるか，機械的に生成されたと言われるかを独立変数として，実験参加者にランダムに生成された 200 試行の予測を行わせたところ，機械的に生成されたという教示の場合には GF が強く生じることが確認された。Burns and Corpus (2004) はカバーストー

リーを3種類用意し（カジノのルーレット，人為的で非競合場面，人為的で他者との競合場面），2項要素が50回ずつ生起し最後が4回連続の連で終わった時の101回目の要素について判断させたところ，連がさらに続くことを予測した実験参加者の割合は人為競合場面，人為非競合場面の順に高く，ランダム過程に近いと考えられるルーレットでは，ほとんどの参加者が連の止まることを予測した。これらの結果は，その事象がランダム過程から生成されたと考えるならばGFが，ランダム過程から生成されていないと考えるならばHFが生じるという説を支持している。しかしながら，Boynton (2003) は実験参加者に100試行の予測を行わせたところ，ランダムと非ランダムのどちらの過程の教示を与えられても，GFが生じ，教示は単にその強度に影響を与えるだけであったと報告している。

Boynton (2003) は別の考え方によって正負の親近性を説明する。100試行の予測課題を実施し，予測が成功した場合と失敗した場合で結果を分割して別々に分析を行った。その結果，予測が成功した場合には，強化効果により次試行の予測に正の親近性が生じ，失敗に終わった試行では，連の長さと事象の頻度の偏りに従って，負の親近性が生じることが示された。Boyntonの結果では，たとえば，HHTという結果の次試行の予測は前試行が成功した場合も失敗した場合もTとなる。一方，TTTという結果の次試行の予測は前試行が成功した場合にはT, 失敗した場合にはHとなり，後者がGFである。HHTで予測失敗した場合にTを選ぶ理由も，TTTで失敗した場合にHを選ぶ理由も，その偏りを是正するためであり，少数の法則によって説明が行われる。

したがって，少数の法則の予測力の弱さを補うためにこれまで二つの説が主張されていることになる。すなわち，参加者の連が途切れるという判断は，それまでの結果の連が長くなるほど高まるが，ただしそれが起きるのは，①実験参加者が事象を主観的にランダム過程へ帰属させる時，あるいは，②実験参加者が前試行の予測に失敗した時である。しかし，Ayton and Fisher (2004) とBurns and Corpus (2004) が支持する教示の効果はBoynton (2003) ではHFとGFの原因とはなっていなかった。

本論文では，よりランダム性の高い過程では負の親近性が，ランダム性が低い過程では正の親近性が起きるという説に則り，実験参加者への教示を最低限に抑え，直接的に2通りの過程から生成した系列に対する予測を参加者に行わせた結果を報告する。すなわち，ベルヌーイ過程に基づいて生成された系列と，サイン波にランダムノイズをかけて生成された系列を用意し，参加者へ生成過程については何も教えずに両過程に交互に2回ずつさらした。サイン波フェイズにおいて反応傾向がサイン波周期に合わせて変化するならば，それは実験参加者がランダム過程ではなく，実際に過程に存在する周期性をもとに予測を立てていることの直接的な証拠となるであろう。つまり，そのような結果はこのフェイズでは実験参加者が非ランダム過程に基づいて判断を行ったことを示すものとなる。①の説明が正しければ，直前数試行の結果系列の連が長くなるに従って，サイン波フェイズでは連が連続すると予測を行い，ベルヌーイフェイズでは連が止まることを予測する傾向が生じるはずである。一方，②の説明が正しいならば，過程の違いは重要ではないため，いずれのフェイズでも成功の後には結果系列の連の長さに関係なく成功した予測を繰り返し，失敗の後には連の長さに従ってGF傾向が生じるであろう。

方　法

実験参加者

大学生，大学院生，計40名（男性19名，女性21名）が実験に参加した。

刺激と装置

ベルヌーイフェイズの刺激系列として，ランダムジェネレータによって2項からなる系列216要素（各項生起確率0.5）を生成した。一方，サインフェイズの刺激系列として，1周期36要素からなる要素列を9分割し局所的な事象生起確率を0/4 (or 1/4), 1/4, 2/4, 3/4, 4/4 (or 3/4), 3/4, 2/4 …（0/4と4/4では長すぎる連に対する偏りの是正を図った）と変化させていくことによってサイン波にノイズをかけた系列6周期216要素（各項生起確率0.5）を生成した。これら2種類の刺激系列とその反転系列を四つのフェイズそれぞれで使用した。

刺激呈示及び反応記録用に2台のノートPC (Lenovo ThinkPad T-43) を使用し，実験プログラムはVisual Basic 2005によって行われた。

手続き

実験デザインは，参加者間変数として正解不正解によるポイント変動の大小と過去の結果の呈示の有無による2×2群と，参加者内変数としてサイン (S) とベルヌーイ (B) フェイズが用意された。ポイント変動小の群では1ポイント，大の群では10ポイントに変動した。過去の結果が呈示される群では過去24試行の結果系列が画面上に表示された。フェイズ呈示順序はSBSBとBSBSの2通りを各群5名ずつ行い，実験参加者は無作為にいずれかの条件へ割り当てられた。

実験参加者は始めに実験の簡単な説明を受け，実験参加同意書に署名をした。その後，PCモニタの前に座り，黒と赤の2項事象のどちらが次試行で呈示されるかを予測し，マウスでボタンをクリックするように教示を受けた。また，手持ちポイントが500ポイントあり，正解によりポイントが増し，不正解で減ることと，実験の最後にくじを引いてもらい，それによって報酬金額は500円か1000円に決まるが，最終的に獲得したポイントが高ければそれだけ高確率で1000円が当たるくじを引くことになると教示された。実際にはすべての参加者が確率1で1000円のくじを引き一律で同じ謝金額を支払われた。

モニタ中央部にある「黒」と「赤」のボタンをマウスで選択すると，モニタ中央上部に「あたり」あるいは「はずれ」の表示と正解の色の長方形が0.4秒呈示された。この結果呈示期間中はボタンの選択ができなかった。モニタ中央左部には現在の手持ちポイントが表示され，モニタ下部には過去の結果呈示群では過去24試行の結果の色の長方形が古い結果から順に左から右へ1列に並べられた。各フェイズ216試行で全864試行あり，結果のほかにフェイズの変化を知らせる外部手がかりは呈示されなかった。

結果

正答率，選択割合の違いを調べるため，参加者間変数であるポイント変動（1 ptと10 pt）と過去の結果の表示の有無（なしとあり），さらに参加者内変数である曝されたフェイズ（サイン1回目，2回目，ベルヌーイ1回目，2回目）によって2×2×4の3要因の分散分析を行った。正答率は，ポイント変動 ($F(1, 36)=0.021$, $p=0.999$), 過去の結果表示の有無 ($F(1, 36)=0.237$, $p=0.629$), フェイズ ($F(3,108)=0.268$, $p=0.848$), 2要因の交互作用として，ポイントと結果表示 ($F(1, 36)=0.599$, $p=0.444$), ポイントとフェイズ ($F(3, 108)=1.338$, $p=0.266$), 結果表示とフェイズ ($F(3, 108)=0.79$, $p=0.502$), また，3要因の交互作用 ($F(3, 108)=0.994$, $p=0.40$)), すべてにおいて有意差はなく，条件間に違いは見られなかった。選択割合は，ポイント変動 ($F(1, 36)=, 1.832$, $p=0.009$) で有意差が見られたが，その他，過去の結果表示の有無 ($F(1, 36)=0.26$, $p=0.613$), フェイズ ($F(3, 108)=2.239$, $p=0.088$), 2要因の交互作用とし

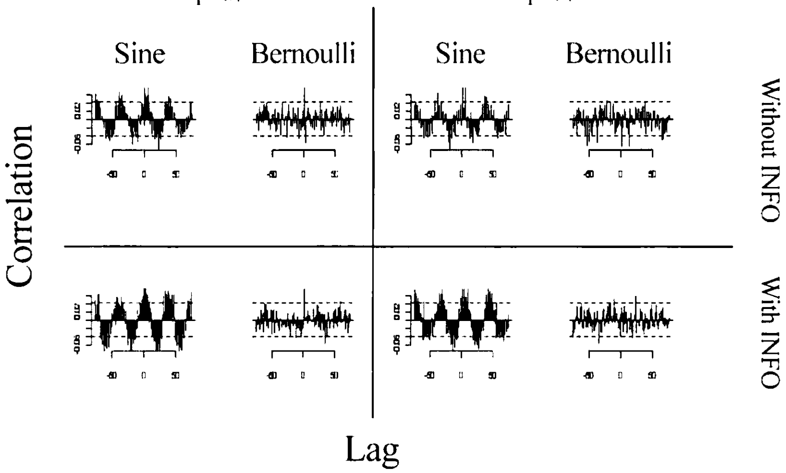

図 1. 各条件の刺激列と反応列の交差相関
交差相関 (cross correlation) は，反応列をラグ値だけずらして求めた刺激列との相関係数である。ラグ 0 は同一試行の反応と刺激を対応づけた相関係数であり，ラグ 10 は反応列と 10 試行前の刺激列との相関係数である。各群二つのフェイズの相互相関をラグ±72 まで図示した。4 群はポイント変動の大小（1 pt 群，10 t 群）と過去の結果呈示の有無 (Without INFO, With INFO) で分けられている。

て，ポイントと結果表示 ($F(1, 36)=0.133, p=0.718$)，ポイントとフェイズ ($F(3, 108)=0.343, p=0.794$，結果表示とフェイズ ($F(3,\ 108)=0.869,\ p=0.459$)，また，3 要因の交互作用 ($F(3,\ 108)=0.606,\ p=0.613$)，すべてにおいて有意なはなく，条件間に違いは見られなかった。割合 0.5 からのポイント変動各群の差は，1 ポイント群 ($t(79)=-0.091, p=0.928$)，10 ポイント群 ($t(79)=0.0363, p=0.971$) 共に有意差は見られなかったため，分散分析で見られた主効果は，単に割合 0.5 からの偏りが同方向ではないことを示している。

また，各フェイズの正答率は，サイン 1 回目 ($t(39)=0.33, p=0.74$)，ベルヌーイ 1 回目 ($t(39)=0.003, p=0.98$)，サイン 2 回目 ($t(39)=-0.12, p=0.903$)，ベルヌーイ 2 回目 ($t(39)=-1.092, p=0.28$)，いずれもチャンスレベルから異なることはなかった。

選択割合は，サイン 1 回目 ($t(39)=-1.6, p=0.19$)，ベルヌーイ 1 回目 ($t(39)=0.31, p=0.76$)，サイン 2 回目 ($t(39)=0.13, p=0.9$)，ベルヌーイ 2 回目 ($t(39)=0.45, p=0.65$)，いずれも選択割合は 0.5 から異なることはなく，いずれのフェイズにおいても刺激呈示確率 0.5 に対する確率対応の傾向が示された。

もし二つのフェイズ間で反応のパターンが分化し，サイン波フェイズの反応列がサイン波周期に応じたパターンを示すならば，それは実験参加者がこのフェイズで非ランダム過程に基づいて判断を行っていたことを示すものとなる。したがって，そのフェイズではランダム過程とは異なる過程をみなしていたという仮説が成立する。図 1 は四つの各条件での刺激列と反応列との交差相関を示す。交差相関は，反応列をラグ値だけずらして刺激列との相関係数を算出したものである。ラグ 0 は各試行の反応と刺激の相関であり，ラグ 10 はある試行の反応と 10 試行前の刺激との相関係数である。以前のフェイズの影響を考慮し，各フェイズ 216 試行のうち前半 100 試行を除く 116 試行のデータをもとに分析を行った。各群ともに個別データにおいて同傾向が示されたため，それぞれ 10 人の実験参加者のデータから 2340 の要素を持つ一つのデータ列を構成し分析を行い，図をプロットした（資料 A 参照）。すべての条件で，

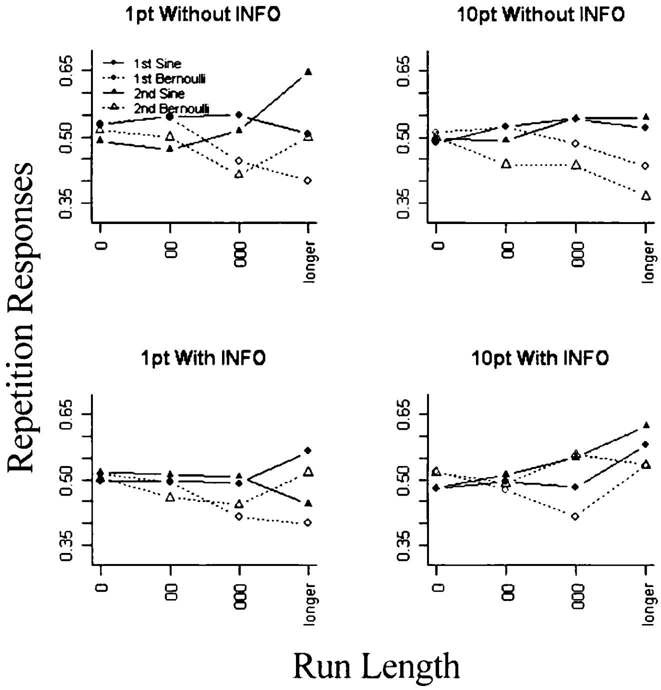

図 2. 各条件の連の長さごとの繰り返し反応の割合
繰り返し反応は，直前の試行で呈示された色を選んだ反応の割合である。すなわち，以前の試行の結果が 0 の場合に，再び 0 を選ぶことである。サインフェイズ，ベルヌーイフェイズの 1 回目と 2 回目に分け，各条件で図示した。4 群はポイント変動の大小（1 pt 群，10 pt 群）と過去の結果呈示の有無 (Without INFO, With INFO) で分けられている。実線はサインフェイズ，点線はベルヌーイフェイズ，丸は 1 回目，三角は 2 回目を表す。

サイン波フェイズではサイン波形の相関パターンが生み出されたが，ベルヌーイフェイズではそのような顕著なパターンは見られなかった。条件間に大きな違いはなく，すべての条件において両フェイズ間で反応分化傾向が見られた。

図 2 は各条件の連の長さごとの繰り返し反応である (Anderson, 1960; Witte, 1964)。刺激列における各長さの連を数え上げ，それぞれの長さの連が得られた際に次試行での参加者の選択が最後の試行の結果と同じであった場合を割合にしてプロットした。図 1 同様に，各フェイズ前半 100 試行を除くデータをもとに分析を行なった。サインフェイズ，ベルヌーイフェイズの 1 回目と 2 回目に分けて図示した。図では表記の便宜上 0 と 1 を使用して表現を行っている。例えば，000 とは "黒，黒，黒"，あるいは，"赤，赤，赤" が直前の試行の結果で連続したことを示す。y 軸の繰り返し反応はしたがって，0.5 より高い場合には 0 反応を選択し，0.5 より低い場合には 1 反応を選択する傾向があることを示している。図 2 の結果はおよそいずれの条件においてもサインフェイズでは連が長くなるに従って繰り返し反応の割合は高くなっていき，ベルヌーイフェイズでは繰り返し反応の割合が減少していく傾向を示している。1 回目と 2 回目は両フェイズとも同様の傾向を示しているため追試に成功している。しかし，ベルヌーイフェイズは，過去の結果呈示の有る With INFO 群では結果呈示のない Without INFO 群よりも傾向が小さかった。これは，同一参加者を 2 種類の過程へさらした結果として，ベルヌーイフェイズでもサ

インパターンの影響を受けたため，負の親近性傾向が弱められたと考えられる。

図2はおよそいずれの条件においてもサインフェイズでは連が長くなるに従って繰り返し反応の割合は高くなっていき，ベルヌーイフェイズでは繰り返し反応の割合が減少していく傾向を表しているが，残念ながら連が長くなるに従ってNの総数が小さくなり，"000" より長い連では必ずしも信頼性の高い傾向とはいえない。十分な標本数を獲得するために，図3最左列はサインフェイズとベルヌーイフェイズごとに全条件でデータをまとめ，各図ともに95%信頼区間を併せてプロットした。

結果は二つのフェイズで明瞭に分かれるものとなった。サイン波フェイズでは連の長さが伸びるに従って，さらに0を繰り返し選択する傾向が強まり，ベルヌーイフェイズでは連が伸びるに従って逆に1を選択する傾向を強めた。したがって，前者では正の親近性，後者では負の親近性が統計的有意に確認された。すなわち，後者ではランダム過程においてGFが生じたことを意味している。

さらに各フェイズにおける反応傾向を調べるために図3中列では直前に起きた結果の交替回数をもとに繰り返し反応をプロットした。すなわち，"0", は交替が0回，"10" は交替が1回，"010" は交替が2回連続で起きたことを示す。サイン波フェイズではこの交替回数が増すとともにより，1を選ぶ傾向を高めていったが一方で，ベルヌーイフェイズでは0を選ぶ傾向が高まっていった。つまり，サイン波フェイズでは直前に生起した交替パターンに追従する選択傾向があったが，ベルヌーイフェイズでは交

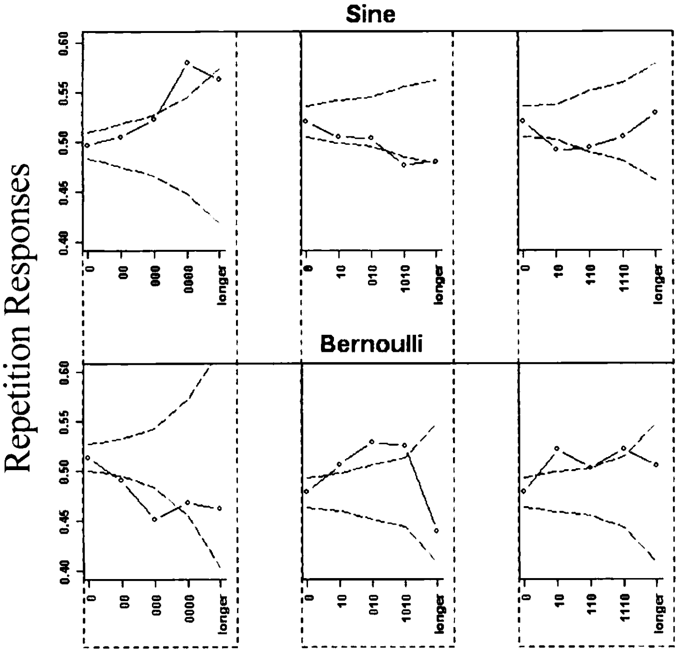

図3. サイン・ベルヌーイ両フェイズの直前の結果系列長ごとの分析

最左列は連の長さごとの繰り返し反応，中列は結果交替回数ごとの繰り返し反応，最右列は2試行前までに直前の試行と逆の結果が連をなした場合の繰り返し反応，それぞれの割合である。すべての条件をまとめ，サインとベルヌーイのフェイズごとに図示した。破線は95%信頼区間を表す。ここで，帰無仮説は参照される直前までの結果の長さにかかわらず繰り返し反応の選択頻度傾向は変わらないことである。各図の "0" にあたる確率値を母比率の不偏推定値 $(\hat{p})$ とし，2項分布の正規近似により，$\hat{p}-z_{\alpha_2}\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})/N}$, $\hat{p}+z_{\alpha_2}\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})/N}$ を使用して算出を行なった。サンプル数 (N) の大きさに従って区間推定値の幅は変動する。各確率値 (p) およびサンプル数 (N) は資料Bへ呈示した。

替パターンを回避する選択傾向を示した。

図3最右列は2試行前までの逆の事象連の長さによってプロットを行った。少数の法則に従うならば，ランダム過程のもとでは少ない標本数のもとであっても事象生起は等確率へと近づくとヒトは考える。したがって，最近1が頻出していればそれだけ0を選びやすくなると考えられる。結果はこの仮説を支持している。ベルヌーイフェイズでは実験参加者は2試行前までに起きた連の長さに従って，より直前の結果を繰り返す傾向を強めた。一方で，サイン波フェイズでは1を選択する傾向が短い連では高く，連が長くなるに従って回帰傾向を示した。これもサイン波周期を追従する傾向と一貫した結果である。

各試行の予測を成功と失敗に分割して分析した場合，Boynton (2003) の結果では参加者が系列の生成過程をどのようにみなしても，予測失敗をした場合には GF が生じた。図4は本実験で得られた総合データを直前が予測成功と失敗の試行へ分割して図示した。すべてに共通して言えることは基準率 (base rate) が確率 0.5 から大きくずれていることである。ここで基準率とは各図の最左点である “0” に当たる確率値である。すなわち，直前の試行で0反応を選択して成功した場合には再び0反応を繰り返す傾向が強く，これは確率およそ 0.7 で生起し，失敗時にはおよそ 0.3 しか繰り返さないという違いが

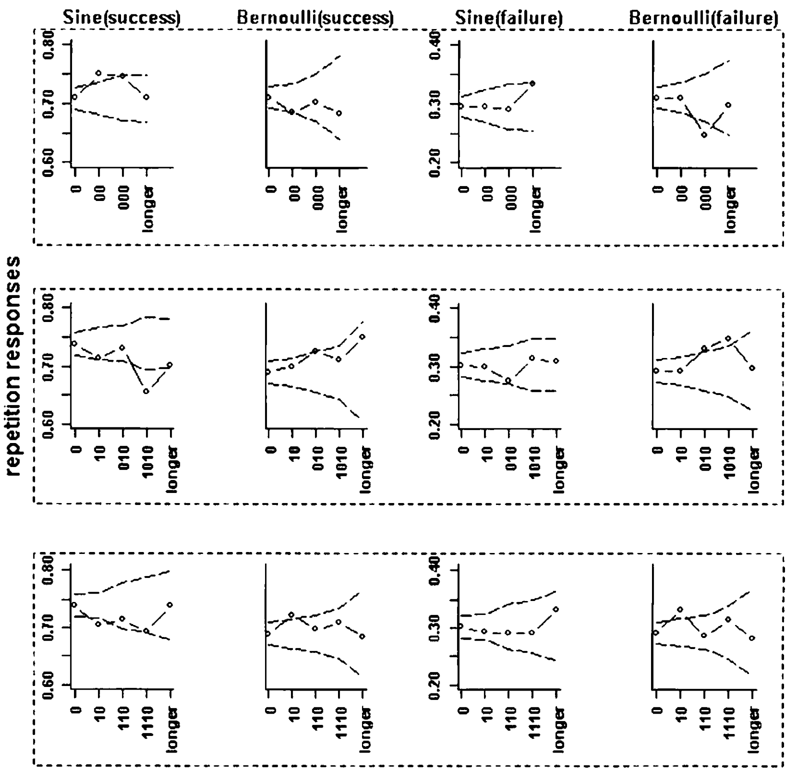

図4.　成功・失敗時の結果系列長ごとの分析
1行目は連の長さごとの繰り返し反応，2行目は結果交替回数ごとの繰り返し反応，3行目は2試行前までに直前の試行と逆の結果が連をなした場合の繰り返し反応，それぞれの割合である。1列目と2列目は直前の試行の予測が成功した時，3列目と4列目は予測に失敗した時の反応割合である。破線は95%信頼区間を表す。区間の算出法は図3を，各確率値とサンプル数については資料Bを参照せよ。

見られた。確率 0.5 からのこれらの逸脱は，成功した場合には次試行で成功した選択肢を再び選ぶ傾向，失敗した場合には次試行で他の選択肢へと移る傾向，すなわち，ウィンステイ (Win stay)，ルーズシフト (Lose shift) の反応傾向があることを示している。

図 4 の 1 行目は結果の連の長さでプロットした繰り返し反応である。Boynton (2003) の結果と同様に，ベルヌーイフェイズでは失敗の際に GF が生じることがわかった。しかしながら，成功の際にも失敗時ほど顕著ではないものの GF 傾向があることがわかる。したがって，程度の差はあるが，ベルヌーイフェイズにおいては成功・失敗いずれにおいても，負の親近性の傾向が存在していることが示唆される。また，サイン波フェイズにおいては成功時には繰り返し反応が高くなったが，失敗時には傾向は失せた。サイン波フェイズでは成功時に限定して正の親近性傾向が存在したことを示している。

図 4 の 2 行目は直前の結果の交替回数でプロットした繰り返し反応である。サイン波フェイズでは成功の場合には次試行も交替を行うことを予測する傾向が強まっていったが，失敗の場合には目立った傾向はなくなった。ベルヌーイフェイズでは成功，失敗にかかわらず交替パターンが止まることを予測する傾向が示された。

図 4 の 3 行目は 2 試行前までの逆の事象連の長さでプロットした繰り返し反応である。サイン波フェイズではちょうど図 4 の 1 行目の結果と対称的である。直前に生起頻度が高ければそれだけ選択される割合が高くなっている。したがって，この結果も正の親近性傾向を示している。失敗の場合には目立った傾向はみられない。一方，ベルヌーイフェイズでは，成功時と失敗時に顕著な違いは見いだされず，どちらもわずかに繰り返し反応を選択する割合が高くなるだけであった。

考　　察

少数の法則の補足的説明の検証

本実験の結果を要約すると次のようになる。サイン波フェイズとベルヌーイフェイズでは，それらの過程の違いに基づいて実験参加者の反応は分化した。サイン波フェイズではサイン周期に合わせて周期的変動パターンで選択を行なった。しかし，遅れて追従するため正答率の改善にはほとんど結びつかなかった。このフェイズのもとでは実験参加者は正の親近性傾向を持って反応を行っていた。すなわち，(A1) 直前の結果の連が長くなるにつれ，直前の結果を繰り返す傾向が増し（図 3 最左列），(A2) 結果の連続交替数が増す場合には，直前の結果と反対方向を選択する傾向が増し（図 3 中列），(A3) 直前の結果以前に逆の事象が連続生起していれば，直前の結果と反対方向を選択する傾向が増した（図 3 最右列）。また，特に正の親近性傾向を示すのは，(A4) 直前の試行で予測に成功した場合であることが示された（図 4）。一方，ベルヌーイフェイズでは，(B1) 直前の結果の連が長くなるにつれ，直前の結果の繰り返しを避けるようになり（図 2, 図 3 最左列），(B2) 直前までに呈示された結果列の連続交替数が増す場合にはその連続交替パターンを崩す方向を選択し（図 3 中列），(B3) 直前の結果以前に逆の事象が連続生起していれば直前の結果を選択する傾向が増した（図 3 最右列）。また，(B4) GF の傾向は直前の予測の成功，失敗どちらにおいても見られたが，失敗時の方が強い傾向を示した。(A1) および (B1) の結果は実験参加者がパターンを持つ過程へ事象を帰属できるか否かで分かれており，ヒトが帰属可能な生成過程の違いが少数の法則の補足説明となるという主張へ合致するものである。

本実験では教示をもちいて実験参加者が直面する事象についての知識を与える代わりに，ベルヌーイ過程とサイン波にランダムノイズをかけた過程の 2 種類から刺激列を生成し，そのもとで参加者の反応

パターンの分化を見ようと考えた。反応パターンの分化は交差相関の示す結果によって支持された。けれども，サイン波＋ノイズ過程はもともと刺激列がサインパターンを持っているため，相関の違いはこの刺激列のパターンを反映しているだけである可能性を指摘することができる。これへの反論のために，反応列をランダマイズしたもとで再び交差相関を求めたが，この場合にはサインフェイズに顕著に見られた周期パターンが消えることを確認した。したがって，反応が無作為ではなく，サイン周期を追従するようなパターンを持っていたといえる。

実験終了後に，実験参加者へ手続きについて説明を行った際に感想を聞いたところ，「当たりやすい時とそうではない時があった」という返答や，「何回か刺激の出方が変わったことには気づいた」という返答などがあった。したがって，よりランダムで予測のしづらいベルヌーイフェイズと，傾向がありランダム性の薄いサインフェイズに対してある程度の気づきがあり，そのもとで反応パターンが変化していた。このことは，本実験が 2 種類の過程を使用し実際に経験させることによって，結果が生成される過程に対する参加者の“信念”を変容可能であったことを示している。

Boynton (2003) の実験では成功と失敗で実験参加者の判断傾向は異なり，予測失敗の後でのみ GF が生じた。本実験の結果は，失敗した場合には，GF がより強く起きたが，逆に，成功した場合にもその傾向が存在していた。成功と失敗どちらにおいても GF 傾向が生じている点で Boynton (2003) の結果を追試することはできなかった。また，事象の交替数や 2 試行前の逆の事象の連の長さによる結果は成功，失敗ともほぼ同傾向が得られており，少なくとも本実験のベルヌーイフェイズにおいては成功，失敗の違いは，あまり反応傾向を捉える上で有効な指標とはなっていないことを示している。一方，サインフェイズでは成功時には，結果事象の生起パターンにしたがって予測を行なっていると考えられる強い傾向を示す反面，失敗時にはパターンへの追従は行わないという反応分化が生じたため，成功と失敗の別はランダム性の薄い過程では有益な指標となる可能性が示唆される。いずれにしろ，実験参加者がどのような過程から生成された系列であるとみなすかに従って，異なる結果が生じたため，過程がどのようなものであっても，成功時には正の親近性，失敗時には少数の法則に従って GF が生じるとする Boynton の主張を本実験結果は支持しなかった。

なお，本研究は正負の親近性がそれぞれの過程で生起することを確認したが，逸脱現象については GF の生起を確認したのみである。なぜならば，HF は周期性のないランダム過程のもとで正の親近性が生じることと考えられているからである。実際には，Gilovich et al. (1985) が提案した HF についてバスケットのシュートは本当にランダム過程であるのかという議論が存在する（Miyoshi, 2000; Wardrop, 1999, 野球におけるヒット成功率の HF についても同様の議論がある。Albright, 1993a, 1993b; Albert, 1993; Stern & Morris, 1993)。また，Boynton (2003) では HF はランダム過程下での強化効果による正の親近性と解釈され，それは新たな逸脱現象とはみなされていない。もしも，実際にランダム過程下で HF が生じるならば，これは以下で述べるランダム過程が生成する系列に対する知覚・判断の偏りが関係すると思われる。この HF についての議論は本研究の的を逸れるので別の機会へ譲ることにするが，その議論とはかかわりなく，2 種類の補足説明の是非を問うために生成過程の明瞭な違いから生じる結果を呈示することは検討に値するものであったと考える。

少数の法則による認知的説明の妥当性について

本実験の結果は基本的に少数の法則による説明が可能である。しかしそれと同時に，序論で述べた GF と HF の生起を予測する際の問題とは別の形で，少数の法則の予測に難があることを示している。

図4の2行目ベルヌーイフェイズの失敗時の結果で，過去の結果が 010 の場合，単純な交替パターンはランダムな事例の代表ではないので実験参加者は次には0を選んだと説明をすることができる。しかし，その同じ代表性によって，010 の場合，0が出ると等確率から遠のくので1を選ぶと予測をすることもできる。

そもそも少数の法則は直接的にではなく間接的に GF を説明する。少数の法則が直接的に説明をしていることは，ヒトがランダム系列に対して持っているバイアスについてである。ある系列に対してヒトがランダムかそうではないかを判断する場合，事象交替率 $p(A)$ が 0.6 程度の時に最もランダム性が高いとみなす傾向が知られている (Falk & Konold, 1997; Bar-Hillel & Wagenaar, 1993)。ランダム過程の場合，大標本の場合には事象は等確率で偏りなく生起するが，ヒトは少ない標本数であっても事象生起確率の偏りをなくそうとすることで必然的に事象の連を短く見積もり，事象の交替数を多く見積もる。この傾向が生じる理由はランダムネスの代表性による影響を受けた結果であるとする。一方，ヒトのランダムネス知覚・判断傾向に関する研究知見から，本実験のベルヌーイフェイズの結果はすべて説明が可能である。$p(A)$ が 0.6 程度を最もランダムらしいものと判断を行うので，事象の交替が少ない場合には反応交替を増やす方向を予測した (結果 B1, B3)。また，長くはっきりしたパターンはランダム過程では生じないとみなす傾向を反映するため，事象交替が連続するパターンを回避する傾向を示した (B2) (see Lopes & Oden, 1987)。したがって，少数の法則がランダム系列に対する知覚・判断の偏りを説明し，この偏りが GF を説明する。

しかしながら，代表性のヒューリスティックは提唱されてから 30 年の間，曖昧で定義の定まらない概念のままであり続けている。結局のところ認知的説明である少数の法則は現象を観察した後にポストホックに説明を与えているに過ぎない (Gigerenzer, 2000)。実際に観察されていることは，ヒトがランダムな事象からいくらか偏った事象をよりランダムであると知覚をしやすい傾向を持っていることである。Falk and Konold (1997) は一般的に，代表性のヒューリスティックはランダム系列に直面して実験参加者が行うことについてのもっともらしい説明を与えているが，その予測力は低いと指摘している。本実験の結果はランダム系列の知覚判断の偏りから説明が可能であるが，必ずしも代表性のヒューリスティックを支持するものではない。もちろん現状では，代表性のヒューリスティックを拒否したところで，いつ GF が生じいつ HF が生じるのかの予測の問題は課題として残る。しかし，ランダムネスの生成・判断は実際に操作可能であることが示されている。例えば，Neuringer (1986) ではフィードバックを与え練習を積むことでヒトはランダム系列の生成をできることを示した。ランダムネスの知覚・判断が GF と HF を説明可能であるとすれば，知覚・判断の操作と GF・HF との関係は検討に値する。認知的説明の検証ではなく，このように実際に操作可能である現象レベルで検討を進めていくことは GF と HF の基礎づけのために今後行われるべき課題であると思われる。

引用文献

Albert, J. (1993). A statistical analysis of hitting streaks in baseball: Comment. *Journal of the American Statistical Association*, 88, 1184–1188.

Albright, S. C. (1993 a). A statistical analysis of hitting streaks in baseball. *Journal of the American Statistical Association*, 88, 1175–1183.

Albright, S. C. (1993 b). A statistical analysis of hitting streaks in baseball. *Journal of the American Statistical Association*, 88, 1194–1196.

Anderson, N. H. (1960). Effect of first-order conditional probability in a two-choice learning situation. *Journal of Experimental Psychology*, 59, 73–93.

Ayton, P., & Fischer, I. (2004). The hot hand fallacy and the gambler's fallacy: Two faces of subjective randomness? *Memory & Cognition*, 32, 1369–1378.

Bar-Hillel, M., & Wagenaar, W. A. (1993). The perception of randomness. In G. Keren & C. Lewis (Eds.), *A Handbook for data analysis in the behavioral sciences: Methodological issues* (pp. 369–394). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum. Associates.

Boynton, D. M. (2003). Superstitious responding and frequency matching in the positive bias and gambler's fallacy effects. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 91, 119–127.

Burns, B. D., & Corpus, B. (2004). Randomness and inductions from streaks: "Gambler's fallacy" versus "Hot hand". *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 179–184.

Edwards, W. (1961). Probability learning in 1000 trials. *Journal of Experimental Psychology*, 63, 385–394.

Falk, R., & Konold, C. (1997). Making sense of randomness: Implicit encoding as a basis for judgment. *Psychological Review*, 104, 301–318.

Gigerenzer, G. (2000). *Adaptive thinking: Rationality in the real world.* New York: Oxford University Press.

Gilovich, T., Vallone, R., & Tversky, A. (1985). The hot hand in basketball: On the misperception of random sequences. *Cognitive Psychology*, 17, 295–314.

Hake, H. W., & Hyman, R. (1953). Perception of the statistical structure of a random series of ninary symbols. *Journal of Experimental Psychology*, 45, 64–74.

Hastie, R., & Dawes, R. M. (2001). *Rational choice in an uncertain world: The psychology of judgment and decision making.* Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Jarvik, M. E. (1951). Probability learning and a negative recency effect in the serial anticipation of alternative symbols. *Journal of Experimental Psychology*, 41, 291–297.

Kahneman, D., & Tversky, A. (1972). Subjective probability: A judgment of representativeness. *Cognitive Psychology*, 3, 430–454.

Lopes, L. L., & Oden, G. C. (1987). Distinguishing between random and nonrandom events. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 392–400.

Miyoshi, H. (2000). Is the "hot-hands" phenomenon a misperception of random events? *Japanese Psychological Research*, 42, 128–133.

Neuringer, A. (1986). Can people behave "randomly"?: The role of feedback. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115, 62–75.

Nicks, D. C. (1959). Prediction of sequential two-choice decisions from event runs. *Journal of Experimental Psychology*, 57, 105–114.

Stern, H. S., & Morris, C. N. (1993). A statistical analysis of hitting streaks in baseball: Comment. *Journal of the American Statisitical Association*, 88, 1189–1194.

Tversky, A., & Kahneman, D. (1971). Belief in the law of small numbers. *Psychological Bulletin*, 76, 105–110.

Wardrop, R. L. (1999). Statistical tests for the hot-hand in basketball in a controlled setting. http://www.stat.wisc.edu/~wardrop/papers/tr1007.pdf

Witte, R. S. (1964). Long-term effects of patterned reward schedules. *Journal of Experimental Psychology*, 68, 588–594.

資料 A

交差相関を求めるために，各条件群 (N＝10) の実験参加者の反応列データと対応する刺激列データから 2340 試行の 1 列のデータを作成し交差相関図を求めた（図 1)。この方法の信頼性を検討するために，データ列に加える実験参加者の順番をランダマイズし，交差相関を 5 回求めた。下図は各フェイズでこれら 5 回の交差相関の結果を図示した。サインフェイズでは顕著な傾向が示された一方，ベルヌーイフェイズでは特徴的な傾向は示されなかった。この結果は図 1 と同じ傾向を示している。

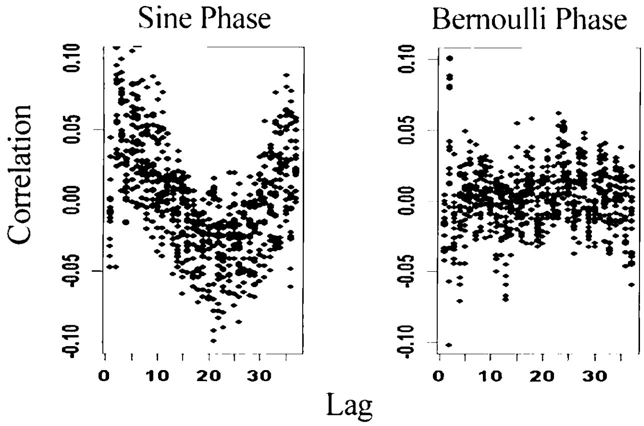

図 A. 反応列作成のための実験参加者の順序をランダマイズした場合の相互相関

資料 B-1

表 B-1. 図 3 に使用した各確率 p およびサンプル数 N
区間推定算出には，"0" にあたる p 値および各列に該当する N を使用している。

		"0"	"00"	"000"	"0000"	"longer"
Sine	p	0.497	0.505	0.523	0.580	0.563
	N	5320	2080	1040	400	160
Bernoulli	p	0.513	0.490	0.452	0.468	0.463
	N	5120	2800	1080	280	80

		"0"	"10"	"010"	"1010"	"longer"
Sine	p	0.520	0.505	0.503	0.476	0.480
	N	4040	2080	1600	760	560
Bernoulli	p	0.479	0.506	0.529	0.525	0.440
	N	4240	2720	1320	800	200

		"0"	"10"	"110"	"1110"	"longer"
Sine	p	0.520	0.491	0.494	0.505	0.529
	N	4040	3240	1000	640	280
Bernoulli	p	0.479	0.522	0.502	0.521	0.505
	N	4240	2400	1680	760	200

資料 B-2

表 B-2 図 4 に使用した各確率 p およびサンプル数 N
区間推定算出には，"0" にあたる p 値および各列に該当する N を使用している。

		"0"	"00"	"000"	"longer"
Sine	p	0.708	0.749	0.746	0.710
(after success)	N	2593	990	531	496
Bernoulli	p	0.710	0.686	0.701	0.684
(after success)	N	2537	1380	509	158
Sine	p	0.295	0.294	0.291	0.334
(after failure)	N	2727	1050	509	464
Bernoulli	p	0.311	0.309	0.247	0.297
(after failure)	N	2663	1380	531	202

		"0"	"10"	"010"	"1010"	"longer"
Sine	p	0.739	0.713	0.730	0.656	0.700
(after success)	N	2017	1005	801	363	424
Bernoulli	p	0.690	0.699	0.725	0.711	0.750
(after success)	N	2047	1371	663	391	112
Sine	p	0.303	0.299	0.275	0.312	0.308
(after failure)	N	2023	1115	799	397	416
Bernoulli	p	0.292	0.293	0.330	0.347	0.298
(after failure)	N	2113	1429	657	409	168

		"0"	"10"	"110"	"1110"	"longer"
Sine	p	0.739	0.705	0.715	0.695	0.738
(after success)	N	2017	1588	480	311	214
Bernoulli	p	0.690	0.723	0.697	0.710	0.683
(after success)	N	2047	1166	829	397	145
Sine	p	0.303	0.293	0.290	0.290	0.332
(after failure)	N	2023	1612	520	369	226
Bernoulli	p	0.292	0.331	0.286	0.314	0.281
(after failure)	N	2113	1234	931	363	135