

トリックフォーチュンシステムに おける赤光数の影響

平成 21 年 7 月 20 日

漣

目次

| | |
|--|----|
| 1. はじめに | 1 |
| 1.1. 本論文の背景と目的 | 1 |
| 1.2. 用語の定義 | 1 |
| 1.3. 本論文の構成 | 1 |
| 2. トリックフォーチュン実行条件 | 2 |
| 2.1. 条件設定概略 | 2 |
| 2.2. 実施日時等 | 2 |
| 2.3. サーバー | 2 |
| 2.4. キャラクター | 2 |
| 2.5. トリックフォーチュン諸条件 | 2 |
| 2.6. 協力者採取データの条件 | 3 |
| 3. トリックフォーチュンの結果 | 4 |
| 3.1. 概要 | 4 |
| 3.2. ルーレット外周を回る光の位置 | 4 |
| 3.3. 基礎的統計指標等 | 4 |
| 3.4. 交換カードが選択された回数 | 5 |
| 3.5. 協力者採取データの結果 | 7 |
| 4. 結果の考察 | 8 |
| 4.1. 赤光数と交換カードが選択される枚数の依存性 | 8 |
| 4.2. 交換カードが選択される確率の二項分布への近似 | 8 |
| 4.3. 交換カードが選択される確率の線形増加仮定の妥当性 | 9 |
| 4.4. 交換カードが選択される確率の表現における交換カード枚数の併合可能性 | 10 |
| 4.5. 交換カードが選択される確率の絶対的な大きさ | 10 |
| 5. 結論 | 11 |

謝辞

巻末資料

付図・付表

1. はじめに

1.1. 本論文の背景と目的

トリックフォーチュンにおいて、いくつかの要因で交換したカードが選択される確率を意図的に変動させることが可能であるのではないかとこのうわさがある。これは『トリックスター0-ラブ-』運営スタッフのブログ『カバログ¹』における記事『トリックフォーチュンのススめ』に由来するものと考えられるため、検討するに値するうわさであると考えた。

変動させる要因としてはいくつかうわさがあるが、ここでは比較的検証作業の難度が低いと考えられる「赤い光の数」に着目して検討を加えることにした。

1.2. 用語の定義

本論文で使用する用語は、トリックスターラブの一般的な用語の定義に従うほか、次による。

- ① **赤光数** トリックフォーチュンのルーレットを停止させたときに光っている赤い光の数。1,3,5,7,9,11,12 のいずれかの値をとる。公式ページ²にある「トリックフォーチュン実行」の項にある画像参考。（この画像では赤光数は7である。）
- ② **交換したカードの枚数（交換カード枚数）** ルーレットを回す前に、デフォルトの10枚のカードと手持ちのカードとを交換した、その枚数。
- ③ **交換したカードが選択される** トリックフォーチュンでは、ルーレットの3つの針にそれぞれ1枚ずつ計3枚のカードが選出されることになるが、その3枚のカードの中に交換したカードが含まれる（選択される）こと。
- ④ **（ルーレットの針に）選択された枚数** この枚数は、重複を含めて考える。すなわち、例えば同一カードに針が2つ停止した場合、選択された枚数は1枚ではなく、2枚とする。

1.3. 本論文の構成

本論文は全5章より成り立つ。第1章では、本論文の背景と目的について述べ、本論文で使用する用語について定義した。第2章では、トリックフォーチュン実行の条件設定とその理由について述べる。第3章では、トリックフォーチュンの実行結果についてまとめる。第4章では、第3章の結果について考察を加える。第5章において、本論文の結論を述べる。

¹ -カバログ- トリックスター公式ブログ : 『トリックスター0-ラブ-』運営スタッフ,
<http://ameblo.jp/trickster0000/>

² トリックスター0-ラバー 公式ページ

http://www.trickster.jp/main/gamesystem/trick_fortune.html

2. トリックフォーチュン実行条件

2.1. 条件設定概略

トリックフォーチュンシステムに対して、いかなる要因が影響を及ぼすのか把握されているわけではない。このため、トリックフォーチュンシステムに対する影響要因を洗い出し、その影響度を推定し、トリックフォーチュン実行時のコントロール要因の取得選択をしなければならないが、これを十分に行うだけの基礎が残念ながら存在しない。また、影響を及ぼすことが否定できない要因は数多く存在するため、それらすべてをコントロール要因とすることは現実的でない。そもそも、本研究の目的の選択さえ、恣意的なものといえる。

したがって本研究では、限られた要因のみをコントロールし、その他は成り行きに任せた。その根拠は十分でないが、以下ではそれら要因を列挙し、いくらかの理由も付記する。本研究の有効性を判断する参考としてほしい。

なお、データの採取は、著者以外にも 1 名の協力者（とろびょん氏）にも行っていただいた。以下 2.2～2.5 に述べるのは、著者のトリックフォーチュン実行条件であり、協力者のデータ採取方法はこれと異なる。こちらについては 2.6 で述べる。

2.2. 実施日時等

トリックフォーチュンの実行は、平成 21 年 2 月 1 日～6 月 13 日に行った。実行時間は、交換カードが選択される確率（以下、本章では単に確率という）に影響しないとみなしてよいかわからなかったが、これを調整することは容易でないため、現実の時間および TS 時間ともに調整していない。

2.3. サーバー

トリックフォーチュンを実行するサーバーは、確率に影響しないものとみなし、特に定めなかった。すべてのデータはファンタジアサーバーで収集したものであり、そのうち大半はドリームアイランドでのデータである。一部オーロラアイランドのデータを含むが、メロディアアイランドのデータは含まない。

2.4. キャラクター

トリックフォーチュンを実行するキャラクターは、タイプ・性別・ステータス等は確率に影響しないものとみなし、特に定めなかった。使用キャラクターは全 6 キャラ（龍、羊×3、狐、兎）であり、それぞれステータス等が異なる上、実行日によって装備等も異なる。各キャラのトリックフォーチュン実行回数は均一ではなく、1 キャラが約半数を占める。

2.5. トリックフォーチュン諸条件

交換カード枚数は、確率に影響を与えると考えられるため、実行毎に記録した。通常ト

リックフォーチュンを実行するときにはできるだけ多い枚数を交換すると考えられることから、そのとき交換できる最大の枚数を交換した。交換カードの種類（カード No.等）は確率に影響を与えないものとみなし、特に定めなかった。

ルーレットの停止は、ルーレットを停止させるまでに要した時間が確率に影響する可能性もあったため、時間切れで自動停止させるようにし、意図して赤光数を選択することはしなかった（よって、ルーレットを停止するまでに要した時間はすべて同じである）。ルーレットが停止したときの赤光数と、交換カードが選択された枚数をそれぞれ記録した。

赤光数のほかに、ルーレット外周を時計回りに回っている光の位置も、確率に影響しているのではないかとこのうわさもある。これについては本研究対象外であり特に設定しなかったが、結果として一定の条件下にあったことがわかっている。これについては、3.2 で述べる。

2.6. 協力者採取データの条件

協力者にデータ採取をお願いするに当たって、特にトリックフォーチュンの実行条件を著者の方からは示さず、交換カード枚数・赤光数・交換カードが選択された枚数の 3 点を記録するように要請した。協力者は、赤光数が大きくなるようにルーレットを停止させたため、採取データの赤光数は 9 以上となった。著者採取データと異なり、ルーレットを意図して停止させているため、採取データは「実験的」である（著者の採取データは「観察的」である。）

なお、これ以外の条件は指定していないため、聞き取りもしていない。

3. トリックフォーチュンの結果

3.1. 概要

本章では、トリックフォーチュンを実行して採取した（得た）結果を述べる。

著者が採取した全データを付表 1 に、協力者が採取したデータを付表 2 に示す。著者採取データは全 300 データ、協力者採取データは全 39 データである。交換カード枚数は 1～3 枚であり、その枚数は同一日においてもキャラによって異なった。

以降では、前提条件を一にするため、基本的に著者採取データを基に結果を述べていく。協力者採取データについては、著者採取データの補完データとして適宜取り扱う。

また、これ以降の文を短くし、文意を分かりやすくするため、 X 、 Y 、 Z の記号を導入する。これら記号は、それぞれ次を意味する。

- ① X 赤光数
- ② Y 交換カードが選択された枚数
- ③ Z 交換カード枚数

3.2. ルーレット外周を回る光の位置

ルーレット外周を回る光の位置は本研究の対象外であり、特別の注意を払っていないことは前章で述べたとおりである。しかしながら、影響を与える可能のある因子であり、若干の観測をした。著者の持つ 2 つの PC で比較したところ、ルーレットを時間切れで自動停止させる本研究のトリックフォーチュン手法においては、同一の PC においてルーレット外周を回る光はほぼ同一の位置となることがわかった。本研究のトリックフォーチュンは、1 つの PC (PC1) で大多数のデータを、別の 1 つの PC (PC2) で若干のデータを採取したため、すべてが同一条件とはならない。なお、PC1 のデータの光の位置はおよそ 10 時 30 分の方向であり、PC2 の位置はおよそ 2 時 30 分の方向であった。

今、ルーレット外周を回る光の位置を W と表現したとき、 $W_0 = \{W_1, W_2\}$ ($W_1, W_2 \in \text{all } W$, W_1, W_2 はそれぞれ PC1, PC2 での光の位置) とすれば、本研究により採取された (X, Y, Z) は $\text{all } W$ についてではなく、 $W = W_0$ の条件の下で、という条件付データであることが以上の観察より明らかとなる。

3.3. 基礎的統計指標等

まず、 Z の度数分布を表 3-1 に示す。この表によれば、 Z の頻度は、 $Z=1$ 、 $Z=2$ 、 $Z=3$ いずれも 93～104 であり、ほとんど差はない。 Z (交換カード枚数) は 1, 2, 3 いずれになる確率も同一であると考えられる。

次いで、 X の度数分布表を表 3-2 に、ヒストグラムを図 3-1 に示す。それぞれの X の度数は、若干であるが X が大きくなるほど小さくなる傾向が見られる。また、 $X=3$ および $X=12$ は、他と比べて著しく度数が小さく、 X によるばらつきが見られた。自動停止させたときの X (赤光数) は、どれも同じ確率で選ばれるわけではないことが推測される。

表 3-1 Z の度数分布表

| Z | 度数 |
|---|-----|
| 1 | 103 |
| 2 | 104 |
| 3 | 93 |
| 計 | 300 |

表 3-2 X の度数分布表

| X | 度数 |
|----|-----|
| 1 | 62 |
| 3 | 24 |
| 5 | 55 |
| 7 | 50 |
| 9 | 44 |
| 11 | 50 |
| 12 | 15 |
| 計 | 300 |

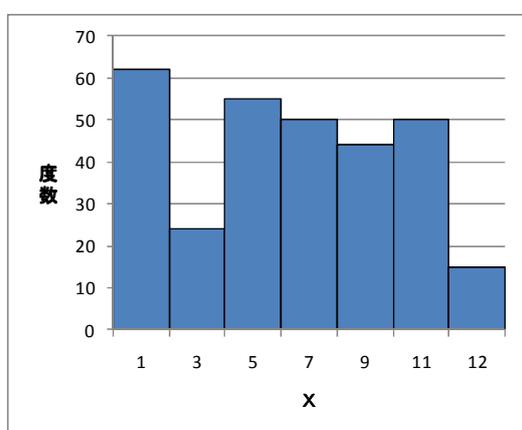


図 3-1 X のヒストグラム

表 3-3 X-Z の分割表

| X\Z | 1 | 2 | 3 | 計 |
|-----|----|----|----|-----|
| 1 | 23 | 17 | 22 | 62 |
| 3 | 5 | 10 | 9 | 24 |
| 5 | 19 | 24 | 12 | 55 |
| 7 | 22 | 10 | 18 | 50 |
| 9 | 14 | 19 | 11 | 44 |
| 11 | 16 | 17 | 17 | 50 |
| 12 | 4 | 7 | 4 | 15 |
| 計 | 99 | 97 | 89 | 300 |

X と Z の出現に特定の依存性がないかどうか確認してみる。表 3-3 に X-Z の分割表（各 X, Z の場合の度数表）を示す。この表によると、(X,Z) によって度数にややばらつきが見られるものの、特に一定の傾向があるようには見えない。度数が 5 以上である $X=(1,3,5,7,9,11)$, $Z=(1,2,3)$ に対して (6×3 分割表で) X と Z の独立検定を行うと (有意水準 $\alpha=0.05$), 検定統計量 $\chi^2 = 14.24$, 棄却限界値 $\chi^2 = 18.31$ より, X と Z が独立であることが否定されない。これより, X と Z は互いに独立であるとみなしてよいものと考えられる。

3.4. 交換カードが選択された回数

表 3-4 に Z で層別した X-Y の分割表を示す。これら表によれば, X が小さい時には Y も小さいときの度数が大きく, X が大きい時には Y も大きい時の度数が多くなる傾向があるように見える。Z 別に, X と Y の独立検定を適用した結果を付表 3 に示す (有意水準 $\alpha=0.05$)。この検定では度数を調整するため分割区間の併合・切捨てを行っている。それでも度数 5 に届かないセルが存在するが, これは (X,Y) 全体に対する検定であることを維持するため, 検定統計量の χ^2 分布への近似性が悪くなることを承知で敢えて残している。これら独立検定

は、いずれの Z においても、X と Y が互いに独立でない（従属である）との結果を得る。分割の仕方などやや曖昧な検定であり、この結果のみを以って直ちに X（赤光数）と Y（交換カードが選択される枚数）が互いに関係していると断ずるわけにはいかないが、何らかの関係の有することは十分推測される。

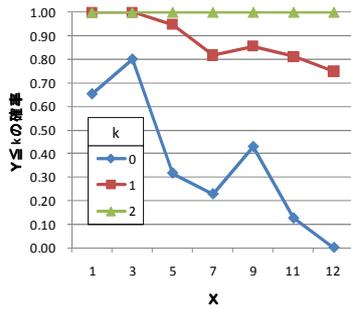
表 3-5 は、表 3-4 を各 X で相対度数表示したものであり、これの累積を（累積相対度数を）グラフ化したものが図 3-2 である。図 3-2 の各折れ線は、特定の X で、Y がある数以下となる確率を示している。折れ線が、右へ行くほど（X が大きいほど）下に下がっていれば、X が大きい方が、大きな Y が出やすくなることを表すことになる。実際に、Z=1 または Z=2 ではおおよそこの傾向が X 全体に渡って観察することができる。Z=3 では、X ≤ 9 の領域では同じことが言えるが、X=11, X=12 では X=5~9 よりも上昇しており、全体で一致した傾向があるとは言えない。Z=2, X=12 でも上昇しているが、データ数がわずかなこともあり、この部分についてははっきりとしない。

表 3-4 Z で層別した X-Y の分割表

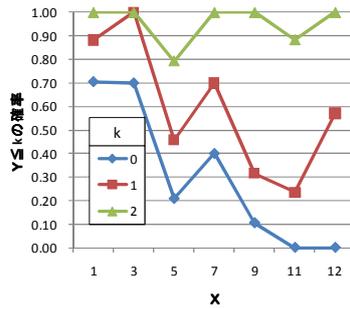
| (a) Z=1 | | | | | | (b) Z=2 | | | | | | (c) Z=3 | | | | | |
|---------|----|----|----|---|-----|---------|----|----|----|---|-----|---------|---|----|----|----|----|
| X\Y | 0 | 1 | 2 | 3 | 計 | X\Y | 0 | 1 | 2 | 3 | 計 | X\Y | 0 | 1 | 2 | 3 | 計 |
| 1 | 15 | 8 | 0 | 0 | 23 | 1 | 12 | 3 | 2 | 0 | 17 | 1 | 8 | 7 | 7 | 0 | 22 |
| 3 | 4 | 1 | 0 | 0 | 5 | 3 | 7 | 3 | 0 | 0 | 10 | 3 | 0 | 4 | 4 | 1 | 9 |
| 5 | 6 | 12 | 1 | 0 | 19 | 5 | 5 | 6 | 8 | 5 | 24 | 5 | 0 | 3 | 8 | 1 | 12 |
| 7 | 5 | 13 | 4 | 0 | 22 | 7 | 4 | 3 | 3 | 0 | 10 | 7 | 0 | 4 | 7 | 7 | 18 |
| 9 | 6 | 6 | 2 | 0 | 14 | 9 | 2 | 4 | 13 | 0 | 19 | 9 | 0 | 0 | 7 | 4 | 11 |
| 11 | 2 | 11 | 3 | 0 | 16 | 11 | 0 | 4 | 11 | 2 | 17 | 11 | 0 | 5 | 11 | 1 | 17 |
| 12 | 0 | 3 | 1 | 0 | 4 | 12 | 0 | 4 | 3 | 0 | 7 | 12 | 0 | 1 | 2 | 1 | 4 |
| 計 | 38 | 54 | 11 | 0 | 103 | 計 | 30 | 27 | 40 | 7 | 104 | 計 | 8 | 24 | 46 | 15 | 93 |

表 3-5 Z で層別した各 X-Y における相対度数分布表

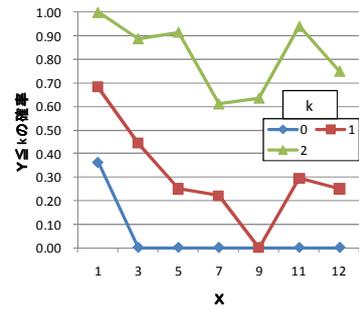
| (a) Z=1 | | | | | | (b) Z=2 | | | | | | (c) Z=3 | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|
| X\Y | 0 | 1 | 2 | 3 | 計 | X\Y | 0 | 1 | 2 | 3 | 計 | X\Y | 0 | 1 | 2 | 3 | 計 |
| 1 | 0.65 | 0.35 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 1 | 0.71 | 0.18 | 0.12 | 0.00 | 1.00 | 1 | 0.36 | 0.32 | 0.32 | 0.00 | 1.00 |
| 3 | 0.80 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 3 | 0.70 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 3 | 0.00 | 0.44 | 0.44 | 0.11 | 1.00 |
| 5 | 0.32 | 0.63 | 0.05 | 0.00 | 1.00 | 5 | 0.21 | 0.25 | 0.33 | 0.21 | 1.00 | 5 | 0.00 | 0.25 | 0.67 | 0.08 | 1.00 |
| 7 | 0.23 | 0.59 | 0.18 | 0.00 | 1.00 | 7 | 0.40 | 0.30 | 0.30 | 0.00 | 1.00 | 7 | 0.00 | 0.22 | 0.39 | 0.39 | 1.00 |
| 9 | 0.43 | 0.43 | 0.14 | 0.00 | 1.00 | 9 | 0.11 | 0.21 | 0.68 | 0.00 | 1.00 | 9 | 0.00 | 0.00 | 0.64 | 0.36 | 1.00 |
| 11 | 0.13 | 0.69 | 0.19 | 0.00 | 1.00 | 11 | 0.00 | 0.24 | 0.65 | 0.12 | 1.00 | 11 | 0.00 | 0.29 | 0.65 | 0.06 | 1.00 |
| 12 | 0.00 | 0.75 | 0.25 | 0.00 | 1.00 | 12 | 0.00 | 0.57 | 0.43 | 0.00 | 1.00 | 12 | 0.00 | 0.25 | 0.50 | 0.25 | 1.00 |
| 比 | 0.36 | 0.52 | 0.12 | 0.00 | 1.00 | 比 | 0.30 | 0.29 | 0.36 | 0.05 | 1.00 | 比 | 0.05 | 0.25 | 0.51 | 0.18 | 1.00 |



(a) Z=1



(b) Z=2



(c) Z=3

図 3-2 Zで層別したX別の、交換カードが選択された枚数がk以下となる ($Y \leq k$) 確率

3.5. 協力者採取データの結果

表 3-6 に協力者採取データのZで層別したX-Yの分割表を示す。前述したとおり、このデータは $X \geq 9$ である。データ数がそれほど多くはないためはっきりとは言えないが、このデータの傾向は、著者採取データのうち $X \geq 9$ の傾向と近似している。ルーレットを積極的に停止させるか否か等のトリックフォーチュン実行条件が影響していると思われる部分は見受けられない。

表 3-6 Zで層別したX-Yの分割表 (協力者採取データ)

(a) Z=1

| X \ Y | 0 | 1 | 2 | 3 | 計 |
|-------|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | - |
| 3 | | | | | - |
| 5 | | | | | - |
| 7 | | | | | - |
| 9 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| 11 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 12 | 0 | 2 | 1 | 0 | 3 |
| 計 | 1 | 5 | 1 | 0 | 7 |

(b) Z=2

| X \ Y | 0 | 1 | 2 | 3 | 計 |
|-------|---|---|----|---|----|
| 1 | | | | | - |
| 3 | | | | | - |
| 5 | | | | | - |
| 7 | | | | | - |
| 9 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 11 | 0 | 1 | 6 | 2 | 9 |
| 12 | 0 | 2 | 5 | 1 | 8 |
| 計 | 0 | 4 | 11 | 3 | 18 |

(c) Z=3

| X \ Y | 0 | 1 | 2 | 3 | 計 |
|-------|---|---|---|---|----|
| 1 | | | | | - |
| 3 | | | | | - |
| 5 | | | | | - |
| 7 | | | | | - |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 11 | 0 | 2 | 5 | 0 | 7 |
| 12 | 0 | 2 | 3 | 1 | 6 |
| 計 | 1 | 4 | 8 | 1 | 14 |

4. 結果の考察

4.1. 赤光数と交換カードが選択される枚数の依存性

X と Y の依存性は、3.4 において、あるのではないかと推測した。ところで、我々が問題にしている X と Y の関係というのは、 $X \rightarrow Y$ という因果関係（まず X があって、それによって Y が決まる関係）である。Y \rightarrow X や $X \leftarrow Y$, $X \leftarrow U \rightarrow Y$ などという関係ではない。

さて、著者は X を成り行きに任せて設定し、著者自身は設定していないし、Y については言うまでもない。このとき、X と Y に依存関係があったとして、その因果の方向は不明である。例えば、Y より先に X が決まっていると断じることはできない。観測できる順番が X、次いで Y というだけかもしれない。実は先に Y が決定しており、それによって X が決まったのかもしれない (Y \rightarrow X の因果関係である。)

ここで、協力者の採取データは、X を大きくなるように選んでいた。つまり、(もし X と Y に関係があるとしたら) 明らかに X は Y より先に (トリックフォーチュン実行者により) 意図的に定められている。つまり $X \rightarrow Y$ が保証される。そして、協力者の採取データと著者の採取データの傾向は近似していた。これは、著者の採取データに関しても $X \rightarrow Y$ とみなしてよい根拠となり得る。

以上の結果を組み合わせることにより、X と Y の間には、 $X \rightarrow Y$ という因果関係が存在すると推測できそうである。

4.2. 交換カードが選択される確率の二項分布への近似

現状では、交換カードが選択される確率は、X が 7 通り、Y が 4 通り、Z が 3 通りの 84 個の確率として表現されている。全データ 300 に対して 84 個のパラメータはいささか多すぎる上、扱いも煩雑である。そこで、次の仮定を導入してみる。

仮定：トリックフォーチュンのルーレットの針は 3 つ存在するが、どの針も、交換したカードを指して止まる確率は等しいとする。(X, Z) において、ルーレットの 1 つの針に交換したカード (のいずれか) が選択される確率を $p_{X,Z}$ と表現する。

もし、上記の仮定が成り立つとするならば、(X, Z) における Y は確率的に $Y \sim B(3, p_{X,Z})$ と表現できる。ただし、 $U \sim B(n, p)$ のとき $P(U = k) = \sum_{k=0}^n {}_n C_k \cdot p^k \cdot (1-p)^{n-k}$ であり、二項分布 (成功確率 p のベルヌーイ試行を n 回行った場合の成功回数分布) を表す。このとき、Y の期待値は $3p_{X,Z}$ と表現できるから、表 3-5 より各 (X, Z) における Y の期待値 $E(Y)$ を計算して $p_{X,Z}$ の推定値 $\hat{p}_{X,Z}$ を算出すると表 4-1 のようになる。X- $p_{X,Z}$ グラフも図 4-1 に示す。

仮定した二項分布と実際の Y の分布 (の観測結果) との比較を付図 1 に示す。一部に双方の間でズレがみられるものの、全体としてよく一致しており、二項分布の仮定の妥当性が確認できた。これにより、交換カードが選択される確率を表現するパラメータを 1/4 に減少させることができ、ルーレットの針 3 本はそれぞれ独立に (無関係に) カードを選択していることも併せて示すことができた。また、Z=3, X=(11,12) で $p_{X,Z}$ が低下しているのは、 $p_{X,Z}$ がかなり 1 に近づいているのでこの影響もあると考えられる ($p_{X,Z} \leq 1$ であるから 1

付近では強い抑制を受ける可能性が当然ある.)

表 4-1 二項分布を仮定したときの
各 $p_{X,Z}$ 推定値一覧表

| X | Z=1 | | Z=2 | | Z=3 | |
|----|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|
| | E(Y) | $\hat{p}_{X,Z}$ | E(Y) | $\hat{p}_{X,Z}$ | E(Y) | $\hat{p}_{X,Z}$ |
| 1 | 0.35 | 0.12 | 0.41 | 0.14 | 0.95 | 0.32 |
| 3 | 0.20 | 0.07 | 0.30 | 0.10 | 1.67 | 0.56 |
| 5 | 0.74 | 0.25 | 1.54 | 0.51 | 1.83 | 0.61 |
| 7 | 0.95 | 0.32 | 0.90 | 0.30 | 2.17 | 0.72 |
| 9 | 0.71 | 0.24 | 1.58 | 0.53 | 2.36 | 0.79 |
| 11 | 1.06 | 0.35 | 1.88 | 0.63 | 1.76 | 0.59 |
| 12 | 1.25 | 0.42 | 1.43 | 0.48 | 2.00 | 0.67 |

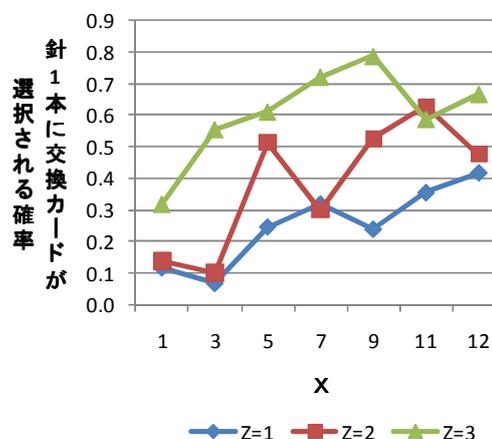


図 4-1 Z 別の X - $p_{X,Z}$ グラフ

4.3. 交換カードが選択される確率の線形増加仮定の妥当性

前節の図 4-1 によれば、全体的には、 X が大きくなると $p_{X,Z}$ も大きくなる傾向がみられる。その増加の仕方は線形から大きな逸脱はないように思われる。そこで、 X と $p_{X,Z}$ の間に $p_{X,Z} = \alpha_Z + \beta_Z X$ という線形式を当てはめ、回帰係数 $\beta_Z = 0$ かどうか検定を行ってみた（有意水準 $\alpha=0.05$ ，等ウェイトの回帰分析）結果を付表 4 に示す。Z=1, Z=2 では $\beta_Z > 0$ であり、回帰式は有意であったが、Z=3 では $\beta_Z = 0$ となった。ただ、Z=3 では、 $X=11$ と $X=12$ で増加傾向が元々見られないので、この 2 つを除いて回帰分析を行うと $\beta_Z > 0$ となることが確認された。図 4-2 に計算された回帰直線を示す。

これより、Z=1, Z=2 および $X=11,12$ を除く Z=3 において、Z 毎に $p_{X,Z}$ は X とおおよそ線形関係にあると考えられる。つまり、($X=11,12$, Z=3) を除く範囲においては、 X が大きくなると、大きくなった分だけ交換したカードが選択される確率が増加すると考えられる。

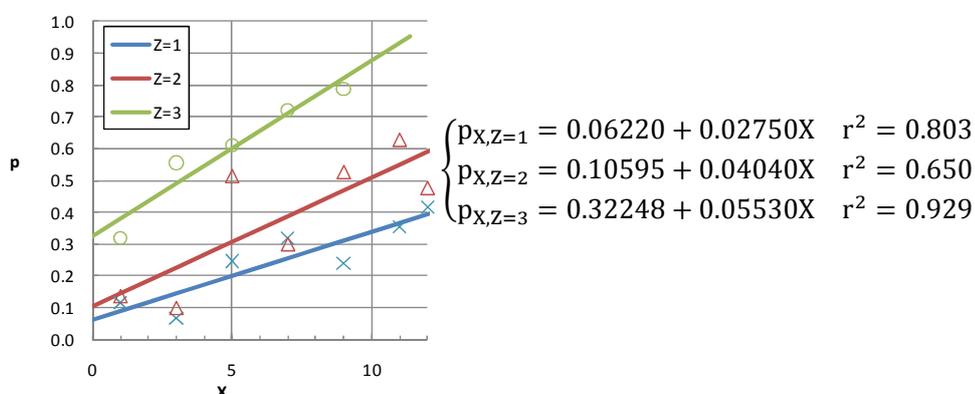


図 4-2 各 Z での $p_{X,Z}$ - X 回帰直線

4.4. 交換カードが選択される確率の表現における交換カード枚数の併合可能性

トリックフォーチュンでルーレットに供されるカード枚数は、ジョーカーカードを含めて11枚である。よって、もし交換カード枚数とルーレットの針の停止する仕方が無関係であるとするならば、 $p_{X,Z=2} = 2p_{X,Z=1}$ かつ $p_{X,Z=3} = 3p_{X,Z=1}$ であることが予想される。よって、 $p_X = p_{X,Z}/Z$ とすれば、交換カードが選択される確率を Z によらずに表現することが可能となる（これまでは常に Z によって別々に表現していた。）

$Z=3$ における $X=11, X=12$ を除いて、それ以外の19個の (p_X, X) が、 Z によらず同じ回帰直線を構成するかどうか一応の検定を試みる。

① $Z=1$ と $Z=2$ について

検定統計量 $F_0=1.828$, 棄却限界値 $F=4.103$ より異なる回帰直線となるとは言えない。

② $Z=(1,2)$ と $Z=3$ について

検定統計量 $F_0=1.151$, 棄却限界値 $F=3.682$ より異なる回帰直線となるとは言えない。

検定の結果は上記①②の通りであり、 Z による差を見出すには至らない。ただし、これはその性質上かなり幅の広い「同一」であるため、概略的に同じと考えることはできるかもしれないが、真に同じといえるかどうかはわからない。よりデータを積み足せばはっきりしてくるかもしれないが、現状では Z によらず同一であるかどうかは断定しがたい。 Z 別の $p_X - X$ 回帰直線と、すべての Z における $p_X - X$ 回帰直線とを図 4-3 に示す。

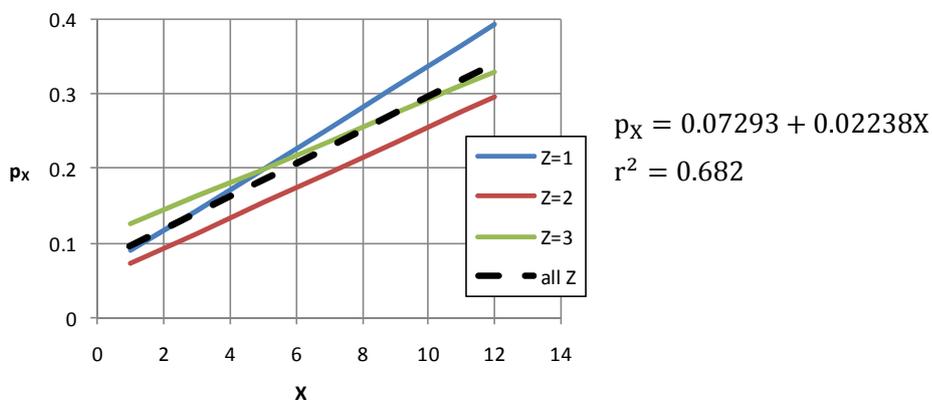


図 4-3 $p_X - X$ 回帰直線

4.5. 交換カードが選択される確率の絶対的な大きさ

もし、ルーレットの針がランダムにカードを選択するとした場合、 $p_{X,Z=1} = 1/11 = 0.091$, $p_{X,Z=2} = 2/11 = 0.18$, $p_{X,Z=3} = 3/11 = 0.27$ となることが予想される。これら予測値は、採取したデータから計算される確率と比較するとかなり低い水準にあり、採取データの $X=1$ とおおよそ一致する。赤光数は、ちゃんと狙えば大きくできるので、実質的には交換カードが選択される確率は、単純なランダム確率と比べてかなり大きいと言える。

5. 結論

トリックフォーチュンにおける赤光数の影響を調べることを目的とした、前章までの検証・考察により次の結論を得た。

- 赤光数と交換カードが選択される確率の間の関係の有無について
 - 赤光数と交換カードが選択される確率は、(確率的に) 依存関係にある。
 - 「赤光数→交換カードが選択される確率」という因果関係があると推測される。
- 赤光数と交換カードが選択される確率の一般的な関係について
 - 赤光数が大きくなると交換カードが選択される確率が増加する傾向にある。
 - 交換カード数が3枚の場合、赤光数が11と12では増加がみられず、赤光数5~9より確率は小さくなった。これは、次項の表現を用いれば、 $Z=3$, $X=(11,12)$ では $p_{X,Z}$ が1にかなり近づくため、抑制されている影響があるものと考えられる。
- 交換カードが選択される枚数の数学的表記について
 - 交換カードが選択される枚数 Y は、赤光数を X , 交換カード枚数を Z としたとき、ルーレットの針1本に交換カードが選択される確率 $p_{X,Z}$ を用いて、 $Y \sim B(3, p_{X,Z})$ と表現することができる。
 - $p_{X,Z}$ は X と線形関係にあり、 $p_{X,Z} = \alpha_Z + \beta_Z X$ ($\beta_Z > 0$) と表現することができる。($\{X=(11,12), Z=3\}$ を除く。以下本項内同じ。) すなわち、 X が大きくなると、その分だけ交換カードが選択される確率が増大する。
 - $p_{X=1,Z}$ は、11枚のカードの中から交換カード (Z 枚) がランダムに選び出される確率 ($Z/11$) に近似的に等しい。よって、実際は赤光数を任意に大きくできるので、交換カードが選択される確率は、実質的に、ランダムに選び出される確率よりずっと大きい。
 - $p_{X,Z} = Z \cdot p_X$ のように、 $p_{X,Z}$ は Z によらない定数 p_X を用いて、任意の Z について統一表現できる可能性 (すなわち $p_X = \alpha + \beta X$) がある。概略的にはこの表現は妥当性を有すると考えられるが、真であるかどうかは断定できない。
- データ採取条件の違いについて
 - 著者採取データと協力者採取データとではルーレット停止条件・ルーレット外周を回る光の位置などのデータ採取条件が異なる。データが僅少ではあるが、両者のデータに明確な差異は見られなかった。

なお、上記の結論の基となるトリックフォーチュンのデータのほとんどは、ルーレット外周を回る光の位置について、特定の位置 (全体の中のごく一部の領域) であったことを述べておく。ルーレット外周を回る光の位置が、これら結論を得る前提データにいかなる影響を及ぼすのかは定かでない。

また、主題以外に検証を通じて確認されたことを次に列挙する。

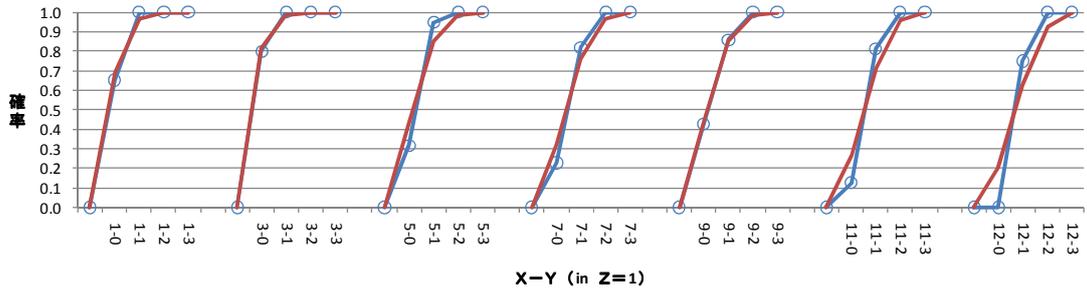
- 交換できるカードの枚数に関して
 - ◻ 日によって1~3枚が交換できることは公式設定の通りである。
 - ◻ 交換可能枚数はキャラによって異なる。
 - ◻ 交換可能枚数が1枚, 2枚, 3枚になる確率はどれも同じである。
- 赤光数について
 - ◻ 自分でルーレットを停止させず、時間切れで停止するのを待った場合、赤光数が少ない方が多い方よりもやや出やすい傾向にある。
 - ◻ 上記の傾向は概してなだらかなものであるが、赤光数3および12になる確率は、他の1/2~1/3程度しかなかった。

謝辞

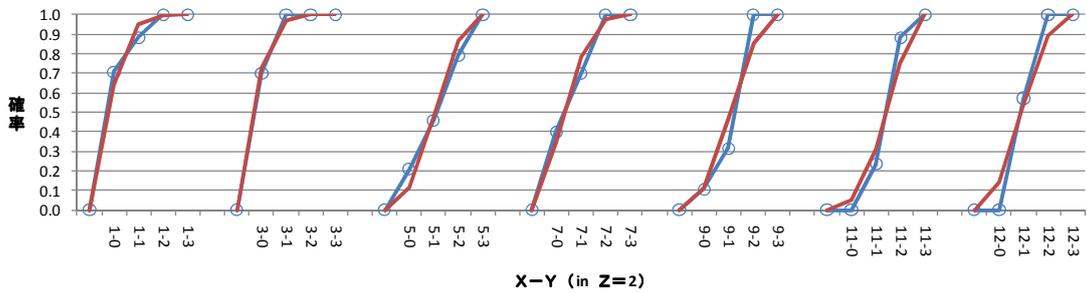
とろぴょんさんにトリックフォーチュンのデータ採取のご協力をいただきました。私自身の採取データを補完するデータとなりとても助かりました。（あ、そいや～このデータだけじゃ足りないじゃん…/(^o^)\ と思ったのはデータまとめている途中でした。）

ご協力に感謝いたします。ありがとうございました。

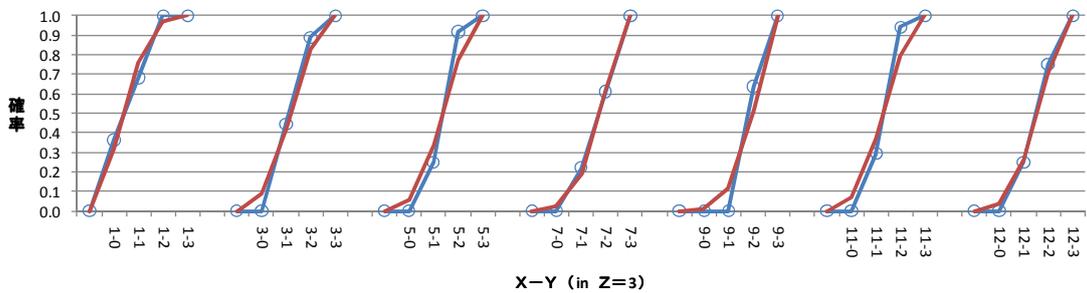
付図・附表



● 観測した累積相対度数 — 推定される二項分布の分布関数



● 観測した累積相対度数 — 推定される二項分布の分布関数



● 観測した累積相対度数 — 推定される二項分布の分布関数

付図 1 観測した分布における累積相対度数と、
仮定した二項分布について推定される分布関数（累積相対度数）の比較図

付表 1 採取データ一覧表 (著者採取分)

| No. | X | Y | Z |
|-----|---|----|---|-----|---|----|---|-----|---|----|---|-----|---|----|---|-----|---|----|---|
| 1 | 2 | 3 | 3 | 61 | 0 | 9 | 1 | 121 | 0 | 1 | 3 | 181 | 1 | 7 | 1 | 241 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 0 | 1 | 3 | 62 | 0 | 5 | 1 | 122 | 1 | 3 | 3 | 182 | 1 | 1 | 1 | 242 | 1 | 7 | 3 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 63 | 0 | 5 | 1 | 123 | 2 | 9 | 2 | 183 | 0 | 1 | 1 | 243 | 0 | 1 | 3 |
| 4 | 2 | 9 | 2 | 64 | 2 | 5 | 3 | 124 | 0 | 1 | 2 | 184 | 2 | 11 | 1 | 244 | 3 | 9 | 3 |
| 5 | 0 | 1 | 2 | 65 | 1 | 5 | 3 | 125 | 1 | 3 | 2 | 185 | 0 | 9 | 1 | 245 | 2 | 5 | 2 |
| 6 | 1 | 3 | 2 | 66 | 0 | 1 | 2 | 126 | 0 | 1 | 2 | 186 | 0 | 1 | 3 | 246 | 1 | 12 | 2 |
| 7 | 0 | 1 | 2 | 67 | 2 | 5 | 2 | 127 | 2 | 7 | 2 | 187 | 2 | 3 | 3 | 247 | 0 | 1 | 2 |
| 8 | 2 | 7 | 2 | 68 | 0 | 5 | 1 | 128 | 2 | 9 | 2 | 188 | 2 | 12 | 3 | 248 | 1 | 9 | 2 |
| 9 | 2 | 9 | 2 | 69 | 1 | 5 | 1 | 129 | 2 | 1 | 3 | 189 | 1 | 1 | 3 | 249 | 2 | 5 | 2 |
| 10 | 2 | 1 | 3 | 70 | 0 | 9 | 1 | 130 | 1 | 1 | 3 | 190 | 3 | 5 | 3 | 250 | 2 | 9 | 2 |
| 11 | 1 | 1 | 3 | 71 | 1 | 5 | 1 | 131 | 2 | 11 | 3 | 191 | 0 | 1 | 1 | 251 | 0 | 3 | 2 |
| 12 | 2 | 11 | 3 | 72 | 1 | 7 | 1 | 132 | 2 | 9 | 3 | 192 | 2 | 9 | 1 | 252 | 1 | 7 | 1 |
| 13 | 2 | 9 | 3 | 73 | 1 | 1 | 3 | 133 | 3 | 7 | 3 | 193 | 1 | 1 | 1 | 253 | 0 | 1 | 1 |
| 14 | 3 | 7 | 3 | 74 | 1 | 5 | 3 | 134 | 1 | 11 | 3 | 194 | 1 | 1 | 1 | 254 | 1 | 1 | 1 |
| 15 | 1 | 11 | 3 | 75 | 2 | 7 | 3 | 135 | 0 | 7 | 1 | 195 | 0 | 1 | 2 | 255 | 1 | 5 | 1 |
| 16 | 0 | 7 | 1 | 76 | 1 | 11 | 1 | 136 | 0 | 1 | 1 | 196 | 1 | 12 | 2 | 256 | 1 | 5 | 1 |
| 17 | 0 | 1 | 1 | 77 | 0 | 1 | 1 | 137 | 1 | 11 | 1 | 197 | 2 | 5 | 2 | 257 | 1 | 11 | 1 |
| 18 | 1 | 11 | 1 | 78 | 0 | 3 | 1 | 138 | 1 | 1 | 1 | 198 | 1 | 7 | 1 | 258 | 1 | 11 | 1 |
| 19 | 1 | 1 | 1 | 79 | 0 | 1 | 3 | 139 | 0 | 5 | 1 | 199 | 1 | 3 | 1 | 259 | 1 | 7 | 3 |
| 20 | 0 | 5 | 1 | 80 | 2 | 5 | 3 | 140 | 1 | 7 | 1 | 200 | 0 | 1 | 1 | 260 | 2 | 9 | 3 |
| 21 | 1 | 7 | 1 | 81 | 1 | 11 | 1 | 141 | 3 | 5 | 2 | 201 | 2 | 11 | 3 | 261 | 1 | 7 | 1 |
| 22 | 3 | 5 | 2 | 82 | 0 | 9 | 2 | 142 | 3 | 5 | 2 | 202 | 2 | 7 | 3 | 262 | 2 | 7 | 1 |
| 23 | 3 | 5 | 2 | 83 | 1 | 3 | 2 | 143 | 0 | 7 | 1 | 203 | 2 | 12 | 3 | 263 | 1 | 5 | 1 |
| 24 | 0 | 7 | 1 | 84 | 1 | 5 | 2 | 144 | 1 | 11 | 1 | 204 | 2 | 9 | 2 | 264 | 1 | 5 | 1 |
| 25 | 1 | 11 | 1 | 85 | 0 | 5 | 2 | 145 | 2 | 11 | 2 | 205 | 1 | 9 | 2 | 265 | 2 | 5 | 3 |
| 26 | 2 | 11 | 2 | 86 | 0 | 7 | 2 | 146 | 2 | 11 | 2 | 206 | 1 | 7 | 2 | 266 | 2 | 7 | 3 |
| 27 | 2 | 11 | 2 | 87 | 0 | 3 | 2 | 147 | 0 | 3 | 1 | 207 | 2 | 11 | 2 | 267 | 3 | 9 | 3 |
| 28 | 0 | 3 | 1 | 88 | 2 | 7 | 2 | 148 | 0 | 9 | 1 | 208 | 2 | 11 | 3 | 268 | 3 | 11 | 3 |
| 29 | 0 | 9 | 1 | 89 | 2 | 9 | 2 | 149 | 2 | 7 | 3 | 209 | 1 | 7 | 3 | 269 | 2 | 1 | 3 |
| 30 | 2 | 7 | 3 | 90 | 2 | 9 | 2 | 150 | 2 | 1 | 3 | 210 | 3 | 3 | 3 | 270 | 2 | 9 | 3 |
| 31 | 2 | 1 | 3 | 91 | 1 | 12 | 2 | 151 | 0 | 11 | 1 | 211 | 3 | 12 | 3 | 271 | 1 | 9 | 2 |
| 32 | 0 | 11 | 1 | 92 | 1 | 7 | 2 | 152 | 1 | 5 | 1 | 212 | 2 | 11 | 3 | 272 | 2 | 11 | 2 |
| 33 | 1 | 5 | 1 | 93 | 0 | 7 | 2 | 153 | 2 | 11 | 1 | 213 | 2 | 5 | 3 | 273 | 2 | 11 | 2 |
| 34 | 2 | 11 | 1 | 94 | 2 | 12 | 2 | 154 | 1 | 7 | 1 | 214 | 2 | 11 | 3 | 274 | 1 | 11 | 2 |
| 35 | 1 | 7 | 1 | 95 | 1 | 11 | 2 | 155 | 3 | 11 | 2 | 215 | 2 | 3 | 3 | 275 | 1 | 9 | 2 |
| 36 | 3 | 11 | 2 | 96 | 1 | 5 | 2 | 156 | 2 | 5 | 2 | 216 | 3 | 9 | 3 | 276 | 1 | 1 | 2 |
| 37 | 2 | 5 | 2 | 97 | 2 | 12 | 2 | 157 | 2 | 1 | 2 | 217 | 1 | 11 | 2 | 277 | 0 | 1 | 1 |
| 38 | 2 | 1 | 2 | 98 | 0 | 1 | 2 | 158 | 3 | 7 | 3 | 218 | 2 | 5 | 2 | 278 | 0 | 1 | 1 |
| 39 | 3 | 7 | 3 | 99 | 0 | 1 | 2 | 159 | 2 | 1 | 3 | 219 | 2 | 5 | 2 | 279 | 1 | 7 | 1 |
| 40 | 2 | 1 | 3 | 100 | 0 | 3 | 2 | 160 | 3 | 7 | 3 | 220 | 0 | 1 | 1 | 280 | 1 | 1 | 1 |
| 41 | 3 | 7 | 3 | 101 | 0 | 3 | 2 | 161 | 1 | 1 | 3 | 221 | 1 | 7 | 1 | 281 | 2 | 9 | 2 |
| 42 | 1 | 1 | 3 | 102 | 1 | 5 | 2 | 162 | 1 | 11 | 3 | 222 | 0 | 9 | 1 | 282 | 1 | 1 | 2 |
| 43 | 1 | 11 | 3 | 103 | 1 | 5 | 1 | 163 | 2 | 5 | 3 | 223 | 2 | 11 | 3 | 283 | 1 | 1 | 2 |
| 44 | 2 | 5 | 3 | 104 | 0 | 3 | 1 | 164 | 2 | 9 | 2 | 224 | 2 | 11 | 3 | 284 | 2 | 9 | 2 |
| 45 | 2 | 9 | 2 | 105 | 0 | 1 | 1 | 165 | 0 | 7 | 2 | 225 | 0 | 1 | 3 | 285 | 1 | 7 | 2 |
| 46 | 0 | 7 | 2 | 106 | 0 | 1 | 1 | 166 | 2 | 11 | 2 | 226 | 2 | 7 | 1 | 286 | 3 | 5 | 2 |
| 47 | 2 | 11 | 2 | 107 | 1 | 12 | 2 | 167 | 0 | 5 | 2 | 227 | 2 | 9 | 1 | 287 | 2 | 11 | 3 |
| 48 | 0 | 5 | 2 | 108 | 0 | 5 | 2 | 168 | 1 | 9 | 1 | 228 | 1 | 9 | 1 | 288 | 3 | 7 | 3 |
| 49 | 1 | 9 | 1 | 109 | 0 | 3 | 2 | 169 | 1 | 9 | 1 | 229 | 2 | 7 | 1 | 289 | 2 | 7 | 3 |
| 50 | 1 | 9 | 1 | 110 | 2 | 11 | 2 | 170 | 1 | 5 | 2 | 230 | 0 | 5 | 1 | 290 | 0 | 1 | 1 |
| 51 | 1 | 5 | 2 | 111 | 0 | 3 | 2 | 171 | 0 | 1 | 2 | 231 | 1 | 5 | 1 | 291 | 1 | 7 | 1 |
| 52 | 0 | 1 | 2 | 112 | 2 | 11 | 2 | 172 | 2 | 9 | 3 | 232 | 2 | 7 | 1 | 292 | 1 | 5 | 1 |
| 53 | 2 | 9 | 3 | 113 | 2 | 9 | 2 | 173 | 1 | 12 | 1 | 233 | 1 | 1 | 3 | 293 | 0 | 1 | 3 |
| 54 | 1 | 12 | 1 | 114 | 2 | 12 | 2 | 174 | 1 | 3 | 3 | 234 | 2 | 9 | 3 | 294 | 3 | 9 | 3 |
| 55 | 1 | 3 | 3 | 115 | 1 | 11 | 2 | 175 | 2 | 5 | 3 | 235 | 1 | 5 | 3 | 295 | 2 | 7 | 3 |
| 56 | 2 | 5 | 3 | 116 | 0 | 9 | 2 | 176 | 1 | 7 | 3 | 236 | 0 | 1 | 1 | 296 | 0 | 1 | 3 |
| 57 | 0 | 1 | 2 | 117 | 1 | 11 | 1 | 177 | 2 | 11 | 3 | 237 | 2 | 5 | 1 | 297 | 2 | 11 | 3 |
| 58 | 0 | 3 | 2 | 118 | 1 | 9 | 1 | 178 | 1 | 11 | 3 | 238 | 0 | 1 | 1 | 298 | 1 | 5 | 1 |
| 59 | 0 | 5 | 2 | 119 | 0 | 7 | 1 | 179 | 1 | 12 | 3 | 239 | 1 | 12 | 1 | 299 | 1 | 11 | 1 |
| 60 | 1 | 5 | 2 | 120 | 2 | 3 | 3 | 180 | 1 | 7 | 1 | 240 | 2 | 12 | 1 | 300 | 1 | 11 | 1 |

ここに、 X: 交換カードが選択された枚数 を表す。No.は実施順である。
 Y: 赤光数
 Z: 交換カード枚数

付表 2 採取データ一覧表 (協力者採取分)

| X | Y | Z |
|---|----|---|
| 1 | 9 | 1 |
| 1 | 9 | 1 |
| 0 | 11 | 1 |
| 1 | 11 | 1 |
| 1 | 12 | 1 |
| 1 | 12 | 1 |
| 2 | 12 | 1 |
| 1 | 9 | 2 |
| 1 | 11 | 2 |
| 2 | 11 | 2 |
| 2 | 11 | 2 |
| 2 | 11 | 2 |
| 2 | 11 | 2 |
| 2 | 11 | 2 |
| 2 | 11 | 2 |
| 2 | 11 | 2 |
| 3 | 11 | 2 |
| 3 | 11 | 2 |
| 1 | 12 | 2 |
| 1 | 12 | 2 |
| 2 | 12 | 2 |
| 2 | 12 | 2 |
| 2 | 12 | 2 |
| 2 | 12 | 2 |
| 2 | 12 | 2 |
| 2 | 12 | 2 |
| 3 | 12 | 2 |
| 0 | 9 | 3 |
| 1 | 11 | 3 |
| 1 | 11 | 3 |
| 2 | 11 | 3 |
| 2 | 11 | 3 |
| 2 | 11 | 3 |
| 2 | 11 | 3 |
| 2 | 11 | 3 |
| 2 | 11 | 3 |
| 1 | 12 | 3 |
| 1 | 12 | 3 |
| 2 | 12 | 3 |
| 2 | 12 | 3 |
| 2 | 12 | 3 |
| 3 | 12 | 3 |

データ数n=39

付表 3 Zで層別した時の, XY独立検定 (X・Yの併合した分割表と検定結果)

交換1枚(Z=1)の5x2分割表

| X \ Y | Y | | 計 | |
|-------|-----|----------|------------|----|
| | j=1 | j=2 | | |
| | | 0 | 1~3 | |
| i=1 | 1 | 15 | 8 | 23 |
| i=2 | 5 | 6 | 13 | 19 |
| i=3 | 7 | 5 | 17 | 22 |
| i=4 | 9 | 6 | 8 | 14 |
| i=5 | 11 | 2 | 14 | 16 |
| 計 | | 34 | 60 | 94 |

| | |
|------|-------------------|
| 検定仮説 | H_0 : XとYは独立 |
| | H_1 : XとYは独立でない |

| | | |
|-------|----------|-------|
| Xの分割数 | r | 5 |
| Yの分割数 | c | 2 |
| 検定統計量 | X | 14.45 |
| 棄却限界値 | χ^2 | 9.488 |
| 検定結果 | Hoを | 棄却 |

交換2枚(Z=2)の5x2分割表

| X \ Y | Y | | 計 | |
|-------|-----|------------|------------|----|
| | j=1 | j=2 | | |
| | | 0~1 | 2~3 | |
| i=1 | 1 | 15 | 2 | 17 |
| i=2 | 5 | 11 | 13 | 24 |
| i=3 | 7 | 7 | 3 | 10 |
| i=4 | 9 | 6 | 13 | 19 |
| i=5 | 11 | 4 | 13 | 17 |
| 計 | | 43 | 44 | 87 |

| | |
|------|-------------------|
| 検定仮説 | H_0 : XとYは独立 |
| | H_1 : XとYは独立でない |

| | | |
|-------|----------|-------|
| Xの分割数 | r | 5 |
| Yの分割数 | c | 2 |
| 検定統計量 | X | 19.04 |
| 棄却限界値 | χ^2 | 9.488 |
| 検定結果 | Hoを | 棄却 |

交換3枚(Z=3)の5x2分割表

| X \ Y | Y | | 計 | |
|-------|-----|------------|------------|----|
| | j=1 | j=2 | | |
| | | 0~1 | 2~3 | |
| i=1 | 1 | 15 | 7 | 22 |
| i=2 | 3 | 4 | 5 | 9 |
| i=3 | 5 | 3 | 9 | 12 |
| i=4 | 7 | 4 | 14 | 18 |
| i=5 | 11 | 5 | 12 | 17 |
| 計 | | 31 | 47 | 78 |

| | |
|------|-------------------|
| 検定仮説 | H_0 : XとYは独立 |
| | H_1 : XとYは独立でない |

| | | |
|-------|----------|-------|
| Xの分割数 | r | 5 |
| Yの分割数 | c | 2 |
| 検定統計量 | X | 11.67 |
| 棄却限界値 | χ^2 | 9.488 |
| 検定結果 | Hoを | 棄却 |

分割表中の**赤色数字**のセルは度数が5未満であり, 検定統計量の χ^2 分布への近似性に悪影響を与えるが, (X,Y)全体の検定を維持するため敢えて分割表に加えた.

付表 4 各 Z における px_z -X 線形回帰の分散分析表および β_z の検定結果

Z=1

| 要因 | 平方和 | 自由度 ϕ | 平均平方 | 分散比 F_0 |
|-------|----------|------------|----------|-----------|
| R(回帰) | 0.076264 | 1 | 0.076264 | 20.33417 |
| e(残差) | 0.018753 | 5 | 0.003751 | |
| 計 | 0.095017 | 6 | | |

| | | |
|-------|-----------|-------------------------------|
| 検定統計量 | F_0 | 20.33 |
| 棄却限界値 | F | 6.608 |
| 検定結果 | β_z | >0 ($\beta_z = 0.027$) |

Z=2

| 要因 | 平方和 | 自由度 ϕ | 平均平方 | 分散比 F_0 |
|-------|----------|------------|----------|-----------|
| R(回帰) | 0.164653 | 1 | 0.164653 | 9.26806 |
| e(残差) | 0.088828 | 5 | 0.017766 | |
| 計 | 0.253481 | 6 | | |

| | | |
|-------|-----------|------------------------------|
| 検定統計量 | F_0 | 9.268 |
| 棄却限界値 | F | 6.608 |
| 検定結果 | β_z | >0 ($\beta_z = 0.04$) |

Z=3

| 要因 | 平方和 | 自由度 ϕ | 平均平方 | 分散比 F_0 |
|-------|----------|------------|----------|-----------|
| R(回帰) | 0.062746 | 1 | 0.062746 | 4.2836 |
| e(残差) | 0.073239 | 5 | 0.014648 | |
| 計 | 0.135985 | 6 | | |

| | | |
|-------|-----------|-------|
| 検定統計量 | F_0 | 4.284 |
| 棄却限界値 | F | 6.608 |
| 検定結果 | β_z | $=0$ |

Z=3 (X=11, X=12を除く)

| 要因 | 平方和 | 自由度 ϕ | 平均平方 | 分散比 F_0 |
|-------|----------|------------|----------|-----------|
| R(回帰) | 0.122337 | 1 | 0.122337 | 38.98212 |
| e(残差) | 0.009415 | 3 | 0.003138 | |
| 計 | 0.131752 | 4 | | |

| | | |
|-------|-----------|-------------------------------|
| 検定統計量 | F_0 | 38.98 |
| 棄却限界値 | F | 10.13 |
| 検定結果 | β_z | >0 ($\beta_z = 0.055$) |