

学内模擬試験を用いた判別分析による 診療放射線技師国家試験の合否予測の検討

相子真介^{†1} 佐々木茂^{†2} 渡辺博芳^{†2} 坂本重己^{†3}

本研究は1つの学校での活用を想定して、学内模擬試験成績から国家試験の合否を予測する手法の確立を目的とする。その初期段階として、診療放射線技師国家試験を対象とし、ある学校の1年分の学内模擬試験および国家試験成績を用いて、判別分析で合否予測の検討を行った。具体的には、マハラノビス距離による判別分析で予測する際に、どのような属性を用いるべきか、どのような方法で予測するのがよいかを調べるために実験を行った。その結果、模擬試験の総合得点よりも14科目の得点を属性として用いる方が、判別率が高かった。また、国家試験成績を複数の群に分けて判別分析を行い、その結果を基に合否予測を行う方法が効果的であることがわかった。合否の2群で直接判別分析を行った場合の予測精度が84.3%であるのに対して、5群での判別分析の結果を基に合否を予測した際の精度は89.3%と高い値が得られた。

Study on Pass-Fail Prediction for the Radiological Technologist State Examination by Discriminant Analysis using Trial Examinations

SHINSUKE AIKO^{†1} SHIGERU SASAKI^{†2} HIROYOSHI WATANABE^{†3}
SHIGEMI SAKAMOTO^{†4}

The aim of this study is to establish the technique for a pass-fail prediction of a state examination from intramural trial examination results for practical use within a school. As the early stage, we performed a pass-fail prediction by discriminant analysis using the intramural trial examination and state examination results for one year in a certain school about the radiological technologist state examination. Specifically, we carried out the experiments in order to investigate the optimal attributes and techniques in prediction by discriminant analysis using Mahalanobis' distance. As a result, the correct identification rate was higher when using the score of 14 subjects rather than when using the total score of a trial examination as an attribute. Moreover, it turned out that the method of dividing state examination results into two or more groups, conducting discriminant analysis, and performing pass-fail prediction based on that result is effective. The predictive accuracy in the discriminant analysis performed directly by two groups of pass-or-fail was 84.3%. On the other hand, the accuracy of the pass-fail prediction based on the result of the discriminant analysis of five groups is 89.3%, and this result shows predictive accuracy higher than the former.

1. はじめに

医療従事者が業務を遂行するためには国家資格が必要である。医療系の学校においては、全ての学生を、資格を取得するための国家試験に合格させることが重要となる。しかし現状では必ずしも全員が合格できている状況ではない。これには様々な原因があるが、この対策としては、個人の学生に対して適切な学習計画を設定したり、学生のモチベーションを維持しながら効果的な教育を行うことが望まれる。本研究では国家試験合否予測に基づいた指導に着目した。この指導法では合否予測に基づいて、受験対策の早い段階で学生の目標意識を高め、適切な学習計画を立てることが可能となる。また定期的に合否予測を行うことで学習計画を修正しながら受験対策を行うことができる。現状の国家試験合否予測は、教員の経験に基づき直感的に行われていることが多い。これに対してデータを用いた客観的な予測ができると効果的であると考えられる。

予備校などが行っている合否予測は、収集した膨大なデータを活用した精度の高い予測が可能である。しかし、学校独自に行う国家試験合否予測では、1つの学校で収集できるデータの数が少ないため、精度の高い予測が困難であると考えられる。

そこで、本研究では1つの学校での活用を想定して、日頃の学内模擬試験成績から国家試験の合否を予測する手法の確立を目的とする。具体的な分野として、診療放射線技師国家試験を対象とする。その初期段階として、1年分の学内模擬試験および国家試験データを用いて、判別分析[1]で合否予測の検討を行った。具体的にはどのような属性を用いるべきか、どのような方法で予測するのがよいかを検討した。

医療系国家試験の合否予測に関連する研究として、柳澤ら[2]は、診療放射線技師などの医療系国家試験の合否と在学時の成績との関係を調査し、多くの学内主要科目の成績において、国家試験合格群は不合格群に比べ高得点であることを示した。また、科目成績を使って国家試験の得点予測式を試作したが寄与率は高くない。宮下ら[3]は、第1学年から第5学年までの平均成績（進級試験）、講座別卒業試

^{†1} 帝京大学大学院
Graduate School of Science and Engineering Teikyo University
^{†2} 帝京大学
Teikyo University
^{†3} 日本医療科学大学
Nihon Institute of Medical Science

験 24 科目の平均成績（講座卒試），予備校実施の国家試験模擬試験（業者模試），第 6 学年最終総合試験（総合試験）などを医師国家試験と比較し，業者模試と総合試験が国家試験と強い相関があり，国家試験成績予測に適していることを指摘している．岩倉[4]は，3 年分の成績データを使用して判別分析を行い，国家試験の成績予測について検討した．具体的には，学科成績と模試成績から判別された成績群に基づいた「合格確率」という考え方を提案し，実績合格率との比較を行った．その中で学科成績による予測合格率が高い場合でも必ずしも合格しないが，模試成績による予測合格率が高い場合はほぼ全員合格していることを指摘している．これらの先行研究から，国家試験の可否予測には科目試験成績より模擬試験成績を使う方が精度の高い予測ができると考えられる．

宮本ら[5]は判別分析により医学部の卒業試験成績を用いて国家試験可否の予測をしている．その結果，各年度における可否の正判別率の中率は 82.7%~97.2%，全体の平均を使った場合での正判別率の中率は 91.2%であった．また，当該年度の判別式を適用して次年度の可否を予測した場合正判別率の中率は 82.7%~92.0%であり，全体の平均は 88.1%であった．宮本らが卒業時の試験成績を使って予測を行っているのに対して，我々は半年程度前からの指導で用いる可否予測の検討を行っている．

2. 対象と実験概要

2.1 対象とする国家試験

本研究では，診療放射線技師国家試験を対象とする．診療放射線技師国家試験は以下のような特徴がある．

- 試験は毎年 1 回，2 月に実施．
- 問題数は 200 問．
- 合格基準は 6 割（120 点）以上．ただし 0 点の科目が 1 科目以下．
- 出題形式は，5 つの選択肢から正解を 1 つ選ぶマークシート方式．
- 試験科目[6]は，基礎医学大要，放射線生物学（放射線衛生学を含む），放射線物理学，放射化学，医用工学，診療画像機器学，エックス線撮影技術学，診療画像検査学，画像工学，医用画像情報学，放射線計測学，核医学検査技術学，放射線治療技術学及び放射線安全管理学の 14 科目．

2.2 対象データ

今回使用するデータは，ある学校における 2011 年度卒業生の，校内模擬試験（卒業試験含む）7 回分と国家試験成績である．データを使用するにあたっては，データ提供元の学校に関する情報や，学生個人に関する情報が特定で

きないように配慮してデータを扱っている．具体的には以下を条件として研究用に利用することの許可を得た．

- 成績データを変換（氏名の削除，学籍番号は本人が特定されない ID に変換）して管理
 - 研究成果にデータの提供元の情報（学校名，情報提供者，国家試験合格者数と合格率）を明示しないこと
- 学内模擬試験問題は学内の教員が手分けして作成しており，出題形式と各科目の出題数は国家試験問題と同様である．また両方とも 200 点満点の問題である．模擬試験の成績は科目ごとの得点が記録されている．また国家試験成績データは，国家試験受験後の自己採点による総合点が記録されている．厚生労働省からの国家試験合格発表は，可否の情報を公開しているが，成績得点は公開していないため，国家試験成績は自己採点による総合点を分析に利用する．

2.3 実験の概要

国家試験の可否予測は，国家試験に合格するか否かをマハラノビス距離による判別分析で予測を行う．将来的には，学生個人に対して，国家試験に合格する可能性がどの程度高いかといった合格確率や，どの科目の学習が必要かといった指導をするための情報も得られるようにしたいと考えている．また，国家試験可否予測は模擬試験を実施する度に，その時点での成績を基に可否予測を行いたい．そのため，7 回分の模擬試験の成績が出揃ってから予測ではなく，各回の模擬試験ごとに予測を行えるようにする．以下に各実験とその目的を示す．

実験 1：各回の模擬試験の成績ごとの判別分析

模擬試験成績として，14 科目の各得点を使う場合と総合得点を使う場合を比較し，どの属性を使えばよいかを調べることを目的とする．また，7 回の模擬試験による可否予測の傾向を調べる．

実験 2：7 回分の模擬試験の成績全体を使った判別分析

各回の模擬試験ごとに予測を行う方法として模擬試験の成績全体を使った可否予測の結果がどの程度有効かを調べることを目的とする．

実験 3：国家試験成績をいくつかの群に分けた上での可否予測

国家試験での成績を細かいレベルで予測できないか検討する．また，細かい成績の予測結果から可否を予測することで可否予測精度の向上が可能かを検討する．

実験 4：同じ回の模擬試験データを用いない可否予測

実際に可否予測をする際には，予測対象のサンプルと同じ回の模擬試験データは用いることができないので，同じ

回の模擬試験データは用いずに、実験3と同様の実験を行う。

統計処理はフリーソフトである統計ソフトR（バージョンR3.0.0）[7]を用いた。判別分析を行う際に、可否の群の分散共分散行列の同等性の検定[8]を有意水準5%で行い、等分散であると判断される場合は、分散をプール[9]してマハラノビス距離を計算した。

以下の章に実験1から実験4の方法と結果、および考察について述べる。

3. 実験1:各回の模擬試験の成績ごとの判別分析

まず、国家試験可否判別を行うにあたり、学内模擬試験成績のどの属性を用いるのが有効かを明らかにするため、学内模擬試験の14科目の各得点と総合点（14科目を合計した得点）に着目した。これらの属性を組み合わせて判別分析を行い、判別率の高い属性の組み合わせを調査した。

3.1 方法

(1) データの準備

各回の成績データを表1のような形で準備する。可否の属性は、国家試験の総合点が120点以上の場合A（合格）、119点以下の場合B（不合格）である。

表1 実験1のデータの例

Table 1 An Example of Data Set for the Experiment 1.

標本番号	科目1	...	科目14	模擬試験総合点	国家試験総合点	可否(群)
1	6	...	11	116	135	A
2	3	...	7	95	119	B
3	5	...	8	125	120	A
4	5	...	10	119	95	B
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	8	...	10	138	141	A

(2) 等分散の検定

統計ソフトRを用いた分散共分散行列の同等性を検定する方法を適用した結果、7回分の模擬試験のp値は0.107から0.947であり、A群とB群のいずれも分散共分散行列は等しいと判断された。そこで、マハラノビス距離を計算する際に分散をプールすることとした。

(3) 手順

第1回から第7回までの模擬試験データを対象として、14科目の成績（14属性）を使う場合と総合点（1属性）を使う場合について以下を行う。

表1の個々のサンプルに対して、A群の平均とのマハラノビス距離と、B群の平均のマハラノビス距離を計算する。距離が小さい方を当該データの群として予測する。その結果と当該データが実際に属する群の比較を行い、正しく予測できた回数をカウントする。全データに対する正しく予測できた回数の割合を判別率とする。

3.2 結果

表2に各模擬試験別の14科目の点数を使った場合と、総合点を使った場合の判別率を示す。

表2の結果より、全ての模擬試験において、総合点より14科目の得点を属性として使う方が判別率が高くなった。

14科目を属性として使用した場合の判別率の中率は、第1回模擬試験から第3回模擬試験まで徐々に下がり、その後持ち直し、第6回模擬試験では94.7%と最も高い値となったが、第7回模擬試験では再び下がっている。つまり、国家試験実施日に近い模擬試験ほど精度が高いという結果にはなっていない。

表2 各回の模擬試験の成績ごとの判別分析結果

Table 2 Results of Discriminant Analysis for Each Trial

模擬試験	Examination.	
	属性 14科目	総合点
第1回	88.9	63.9
第2回	84.1	71.0
第3回	83.6	64.2
第4回	86.3	67.1
第5回	88.0	57.3
第6回	94.7	69.3
第7回	87.7	66.2

3.3 考察

実験1の結果から、判別分析に用いる属性は、模擬試験の総合点ではなく、14科目の得点を用いる方がよいことがわかる。14科目の得点を用いていけば、学生ごとにどの科目に力を入れればよいかを分析できるようになる可能性もある。

また、実験1の結果からは、模擬試験の実施時期が可否予測精度に影響するかどうかについては、明確にはわからない。我々は「国家試験実施日に近い模擬試験ほど、可否予測の精度が良い」という仮説を持っていた。学生の実力が国家試験の時点に近い状態にあると考えられるからである。しかし、表2を見ると、国家試験実施日に近い模擬試験成績での予測の精度が、それ以前に比較して必ずしも高くはない。したがって、国家試験問題と模擬試験問題との

難易度や出題傾向の類似性の影響の方が、国家試験実施日に近いかどうかの時期による影響よりも大きい可能性がある。一方で、実施回と14科目の得点を使用した場合の予測精度には弱い正の相関があった（相関係数=0.46）。国家試験の実施時期の情報も、予測精度に影響を与える可能性がある。

4. 実験 2: 7 回分の模擬試験の成績全体を使った判別分析

実験 1 の結果から、判別率の高かった 14 科目の得点を属性として使うことにする。実験 2 では 7 回分の模擬試験の成績全体を使って判別分析を行う。その際に、14 科目の得点を属性として用いる場合と、その模擬試験の実施時期を表す情報として、その模擬試験が国家試験実施日の何日前かを表す日数を属性として加えた場合（15 属性）について調べる。

4.1 方法

(1) データの準備

7 回分の全ての成績データを表 3 のような形で準備する。さらに国家試験までの日数の属性を追加する。国家試験までの日数とは、国家試験実施日から何日前に実施した模擬試験かを日数で示したものである。合格の属性は、国家試験の総合点が 120 点以上の場合 A（合格）、119 点以下の場合 B（不合格）である。

表 3 実験 2 のデータの例

Table 3 An Example of Data Set for the Experiment 2.

模擬試験 実施回	標本 番号	科目 1	...	科目 14	国家試験 までの日数	国家試験 総合点	合格 (群)
第 1 回	1	6	...	11	210	135	A
	2	3	...	7	210	119	B
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	n_1	7	...	12	210	141	A
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
第 7 回	n_6+1	5	...	10	30	135	A
	n_6+2	4	...	8	30	119	B
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	n_7	8	...	10	30	141	A

第 m 回の模擬試験までの最後の標本の番号を n_m と表記

(2) 等分散の検定

統計ソフト R を用いた分散共分散行列の同等性を検定する方法を適用した結果、14 科目の成績（日数無しの場合の 14 属性）の p 値は 0.0129、日数有り（15 属性）の p 値は 0.0196 であり、いずれも分散共分散行列は等しくないと判断され

た。そこで、マハラノビス距離を計算する際に分散プールは行わないことにした。

(3) 手順

7 回分の模擬試験データ全体を対象として、14 科目の成績を使う場合（日数無し）とそれに加えて日数を使う場合（日数有り）について、実験 1 と同様に判別率を求め

4.2 結果

判別率の中率は、日数無しの場合は 88.1%、日数有りの場合は 89.3%であった。国家試験までの日数がある方が、わずかに精度が高かった。

4.3 考察

全ての模擬試験のデータを一括して扱おうと、合格者群と不合格者群で模擬試験成績の分散共分散行列が同等でないことがわかった。そのため、マハラノビス距離を求める際には分散をプールしない方法をとった。

模擬試験の実施時期を表す情報である、国家試験までの日数を用いる方が、わずかに精度が高かったが、日数が国家試験実施日に近いかどうかという点で合格予測精度に寄与しているかどうかはわからない。今回の実験では、あるサンプルの合格予測をする際に、そのサンプルと同じ回の模擬試験のデータも含めている。そのために、日数によって同じ回の模擬試験のデータの影響が強まることで、予測結果が正しくなる可能性が大きくなったとも考えられる。

5. 実験 3: 国会試験成績をいくつかの群に分けた上での合格予測

実験 1 および実験 2 では、合格の 2 群で判別分析を行い、合格判別の性能を調べた。実験 3 では国家試験の成績をより細かく予測することを目指して、国家試験成績の群の数を増やして判別分析（重判別分析）を行う。また、その結果から予測した合格（2 群）の予測精度を調べる。

5.1 方法

(1) 群の設定

群の設定を表 4 に示す。国家試験の得点を群数に示す数だけの群に分ける。国家試験の得点が表 4 に示す範囲に入っているものをそれぞれの群とする。たとえば、4 群の場合は、140 点以上 200 点以下が A 群、130 点以上 139 点以下が B 群となる。

2 群では合格者と不合格者のみであるが、3 群と 4 群では合格者を複数に分け、5 群では不合格者をさらに分割した。ただし各群の設定において標本数が 0 とならないように留意した。

表 4 各群の得点の範囲

Table 4 The Range of the Score of Each Group.

群数	A 群	B 群	C 群	D 群	E 群
2	200~120	119~0	-	-	-
3	200~135	134~120	119~0	-	-
4	200~140	139~130	129~120	119~0	-
5	200~140	139~130	129~120	119~110	109~0

※表中、網かけの部分は合格であることを表す

表 5 実験 3 のデータの例

Table 5 An Example of Data Set for the Experiment 3.

模擬試験 実施回	標本 番号	科目 1	...	科目 14	国家試験 総合点	群
第 1 回	1	6	...	11	89	E
	2	3	...	7	119	D
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	n_1	7	...	12	141	A
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
第 7 回	n_6+1	5	...	10	89	E
	n_6+2	4	...	8	119	D
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	n_7	8	...	10	141	A

第 m 回の模擬試験までの最後の標本の番号を n_m と表記

(2) データの準備

7 回分の全ての成績データを表 5 のような形で準備する。また、合否の属性は群分けのパターン (表 4) に従う。表 5 は 5 群の場合のデータ例である。

(3) 手順

国家試験成績を 2 群から 5 群に分けた場合について、14 科目の成績を使う場合 (日数無し) とそれに加えて日数を使う場合 (日数有り) について、実験 1 と同様に群の判別率を求める。さらに、判別された群に対して表 4 を用いて合格か不合格かを予測し、実際の合否結果と比較して正しく予測できた回数をカウントし、合否予測精度を求める。

5.2 結果

表 6 に国家試験成績を複数の群に分けた場合の群判別率と合否予測率を示す。群判別率は、2 群の時が最も高い値を示し、群数が増えると低くなる傾向を示した。合否予測率も群数が増やすほど高くなり、5 群において最も高かった。また、どの群数においても日数有りの場合の方がわずかに高かった。

表 6 国家試験成績を複数の群に分けた場合の群判別と合否予測の結果

Table 6 Results of Group Distinction and Pass-Fail Prediction.

群数	日数無し		日数有り	
	群判別	合否予測	群判別	合否予測
2	88.1	88.1	89.3	89.3
3	68.1	89.7	69.8	91.1
4	61.1	90.9	66.1	92.7
5	64.3	96.0	68.5	96.8

5.3 考察

実験 3 から、国家試験の成績を合否の 2 群よりも、細かい群に分けると、どの群に属するかを判別した場合の的中率は低くなる。したがって、この方法では細かく成績予測を行うのは困難であると言える。一方、予測した群を基に合否予測を行うと、合否の 2 群で直接予測する場合よりも精度が高かった。特に 5 群の場合は、2 群の場合に比較して 7 ポイント以上向上した。したがって、国家試験の成績を複数の群に分けた上で、合否を予測する方法は有効であると言える。

実験 3 においても、実験 2 と同様に国家試験実施日までの日数を用いる方が、予測精度が若干高い傾向があるという結果となった。しかし、4.3 節で考察した通り、国家試験実施日までの日数を属性として用いるかどうかは、検討が必要である。

6. 実験 4: 同じ回の模擬試験データを用いない合否予測

実際の合否予測の場面では、予測対象のサンプルと同じ回の模擬試験データを合否予測に用いることはできない。また、これまでの実験を通して、(a) 同じ回の模擬試験データの影響で合否予測精度が高くなっていること、(b) 国家試験実施日までの日数の情報を用いると同じ回の模擬試験データの影響が強まることで予測精度が若干向上することが示唆されている。そこで、予測対象のサンプルと同じ回の模擬試験データを用いないことを条件として、実験 3 と同様の実験を行う。

6.1 方法

(1) 群の設定

群の設定は実験 3 と同じである。

(2) データの準備

データの準備も実験 3 と同じである。

(3) 手順

国家試験成績を 2 群から 5 群に分けた場合について、14 科目の成績を使う場合 (日数無し) とそれに加えて日数を使う場合 (日数有り) について、以下を行う。

表5から第1回のデータを除いて、残りを判別用のデータとする。第1回の個々のサンプルに対して、判別用のデータを対象として各郡の平均とのマハラノビス距離を計算する。距離が最も小さい群を当該データの群として予測する。その結果と当該データが実際に属する群の比較を行い、正しく予測できた回数を「正群判別」としてカウントする。また、予測した群が合否のどちらに対応しているかを基に、合否予測を行い、実際の合否と比較を行い、正しく予測できた回数を「正合否予測」としてカウントする。以上を、第1回のデータから第7回全データに対して実施して、全体のサンプル数に対する正群判別と正合否予測の回数を、それぞれ群判別と合否予測的中率とする。

表7 国家試験成績を複数の群に分けた場合の群判別と合否予測の結果

(サンプルと同じ回の模擬試験データを使用しない場合)

Table 7 Results of Group Distinction and Pass-Fail Prediction without Trial Exam Data which the Target Sample Belongs To.

群数	日数無し		日数有り	
	群判別	合否予測	群判別	合否予測
2	82.7	82.7	84.3	84.3
3	50.0	82.9	55.4	84.9
4	37.5	82.7	41.1	83.5
5	39.1	88.5	43.1	89.3

6.2 結果

表7に結果を示す。全てのデータを用いる実験3と比較して、全体的に予測精度は低下している。合否予測的中率については実験3のように群数が増えるほど高くなるとは言えないが、5群に分ける方法が最も高かった。また、どの群数においても日数有りの方がわずかに高かった。

6.3 考察

予測対象のサンプルと同じ回の模擬試験データを用いない場合は、データ全体を用いる場合に比較して5ポイント程度低くなっている。この結果から、実際の予測においては、判別分析を用いる方法では、80%~90%の精度を確保できるのではないと思われる。さらに、年度ごとの国家試験の難易度の違い等もあるので、今後、複数年度のデータを用いて検討を続けたい。

実験4の結果から、模擬試験の実施時期である国家試験実施日までの日数を用いることで予測精度が若干ではあるが高まることが示唆された。実験4では予測対象のサンプルと同じ回の模擬試験データは用いていないので、「日数によって同じ回の模擬試験のデータの影響が強まる」という影響は無いからである。

7. おわりに

本研究では診療放射線技師国家試験の合否予測の研究の初期の段階として、1年分の成績データを用いて、マハラノビス距離による判別分析を行った。その結果、90%に近い精度で予測が可能であることが示唆された。また、以下のことが明らかになった。

- 基本的な属性としては、模擬試験の14科目の得点を用いるのがよい。
- 国家試験の成績を5群に分けた上で合否予測を行うことが効果的である。
- 国家試験実施日までの日数も合否予測のための属性として有効である可能性がある。

今後、2年分のデータが揃う予定なので、1年度目のデータを用いて次年度の合否予測を行う等の条件において、予測精度の検討を進めたい。また、多重回帰分析、ニューラルネット、バイズ理論などの判別分析以外の手法を用いた合否予測の検討をしていくことが課題である。

参考文献

- 1) 湧井良幸, 湧井貞美: 多変量解析がわかる, 技術評論社, pp.164-200 (2011).
- 2) 柳澤健, 新田取, 笹井久隆, 他: 東京都立医療技術短期大学生の入学・在学時成績と医療系国家試験合否との関係, 東保学誌, Vol.2, No.4, pp.16-21 (2000).
- 3) 宮下次廣, 志村俊郎, 足立好司, 他: 医学部在学中の試験と医師国家試験の成績比較, 医学教育, 35(4), pp.281-285 (2004).
- 4) 岩倉一: 昭和62年度卒業生の学科成績に対する判別分析, 高知学園短期大学紀要, 19, pp.29-39 (1988).
- 5) 宮本学, 森禎章, 窪田隆裕, 他: 医学部卒業試験の成績による医師国家試験合否の予測, 日本テスト学会誌, Vol.4, pp.34-39 (2008).
- 6) 厚生労働省ホームページ「第66回診療放射線技師国家試験の施行」
http://www.mhlw.go.jp/kouseiroudoushou/shikaku_shiken/shinryouhou_shagishi/ (2014年4月11日アクセス)
- 7) 金明哲: Rによるデータサイエンス, 森北出版株式会社, pp.164-182 (2007).
- 8) 2群の等分散性の検定,
<http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/R/my-var-test.html> (2014年4月11日アクセス)
- 9) 長畑秀和: Rで学ぶ統計学, 共立出版, pp.149-150 (2009).