

主観的・統合的な作文評価結果と相関関係を持つ 分析的・客観的な量的指標の抽出

衣川 隆生

要 旨

本研究の目的は、経験を積んだ評定者の統合的な作文評価結果と、プレイスメント受験者が書いた文章から機械的に抽出される量的な指標との相関関係を分析し、作文評価の電算処理システム構築の基礎を築くことにある。「主観的・統合的評価の高い文章は、文字数、漢字数、アイデア・ユニット数が多く、一文の長さ、及び T-Unit の長さが長い文章である。さらに、評価が高い文章は、他の文章に比べて、使用する語数、特に、高度な語の使用頻度と漢字含有率が高い」という仮説を設定し検証を行った。その結果、主観的・統合的評価の高い文章の量的特徴として、1) 文字数とアイデア・ユニット数が多い、2) 一文の長さ、及び T-Unit の長さが長い、3) 漢字数が多い、という三点が抽出された。一方、4) 語数、中、上級語の割合は語彙力を測定する量的な指標とはならない。5) 「言語使用」を測定する量的な指標として仮定していた T-Unit 数、1T-Unit の平均語数、及び「言語的技術」を測定する量的な指標として仮定していた漢字含有率は、本研究の結果からは、作文評価の量的指標とはならないという結果も示された。

【キーワード】 日本語作文 主観的・統合的評価 アイデア・ユニット T-Unit

Extraction of Analytical and Objective Quantitative Indexes that Correlate with the Results of Subjective and Holistic Evaluation of Writing

KINUGAWA Takao

【Abstract】The purpose of this study was to analyze the correlation between the results of subjective and holistic evaluation of writing by experienced examiners and analytical and objective quantitative indexes extracted mechanically from texts written by placement test examinees, and to build a foundation for the establishment of an electronic processing system for evaluation of writing. The analysis tested the hypothesis that “in sentences with a high holistic evaluation, 1) there are a large number of words, Kanji characters, and I-Units; 2) the sentences and T-Units are long; and 3) the frequency of use of advanced words and the rate of Kanji character use are high.” As a result, three points were derived as quantitative characteristics of sentences highly evaluated subjectively and holistically: 1) they have a large number of characters and I-Units; 2) sentences and T-Units are long; and 3) they contain a large number of Kanji characters. On the other hand, the results of this study also showed that 4) the number of characters and rate of mid or advanced level characters used cannot be a quantitative index for measuring vocabulary. Additionally, 5) the number of T-Units, average number of characters in one T-Unit, and rate of Kanji character use cannot be a quantitative index for evaluation of writing.

1. 研究の背景

筑波大学留学生センターでは留学生を対象とした10週間の日本語補講コースを年3回開講している。毎学期200名前後が受講を申し込むが、このうち100名前後は新規受講希望者である⁽¹⁾。これらの新規受講希望者に対しては、毎学期開講1週間前にプレースメント・テストを実施し、それぞれの日本語能力に応じた受講クラスに配置している。

プレースメントテストは、文法、聴解、語彙、漢字、作文などのパートに分かれている。このうち作文以外の能力測定は、マークシートを利用し、多肢選択を基本とした分析的、客観的な測定方法を採用している。これに対して、作文能力の測定に関しては10分～15分で短い文章を書くことを課す全体的、直接的な測定方法を採用しており、評価に関しては、採点者の主観的判断で全体のレベルを判定するという総合的評価方法を採用している。

この方法を採用している理由として、1) 総合的評価方法は、分析的評価方法に比べて、受験者の作文全般の能力を統合的・相対的に評定することが可能であること、2) 二名の評定者が判定会議までの短い時間で多数の受験者が書いた文章のレベル分けを実施することが可能であることが挙げられる。

しかし、短時間で100名前後の評価を行わなければならないため、評価の信頼性、及び評価の経済性の観点から見るとこの方式は問題点が多い。特に、短期交換留学プログラムが始まり、海外の提携大学との単位互換が行われるようになった現在、今まで以上に評価の厳密性が問われている。したがって、今後は評定者間信頼性や評定者内信頼性を高めるとともに、限られた時間内で信頼性の高い測定結果が得られる客観的な作文能力測定方法を開発することが火急の課題である。

英語においては、文章の電算処理が進み、文法診断、スペルチェック、Readability formulaによるレベル表示などが市販のアプリケーションでも可能となっている。しかし、日本語文章においては、現在まで「日本語母語話者が書いた誤用のない日本語文章」を機械処理するための方法は形態素解析を中心として研究が進められてきているが、「留学生の書いた誤用のある日本語文章」を量的に処理するためのシステムは構築されていないだけでなく、「誤用」の定義すら共通の枠組みがないのが現状である。

そこで、本研究では、経験を積んだ評定者の総合的な作文評価結果と、プレースメント受験者が書いた文章から機械的に抽出される量的な指標との相関関係を分析し、作文評価の電算処理システム構築の基礎を築くことを目的とする。ここで取り上げる量的な指標とは、現時点で機械処理が可能な量的指標と、今後機械的な量的指標抽出の可能性が高いものに限定することとする。

この研究によって「日本語を第二言語とする書き手が書いた日本語文章」の一時処理の量的な指標が抽出できれば、将来的には作文能力測定システム、作文自動フィードバックシステム開発の基礎を構築することが可能になると考えられる。

2. 作文の分析的評価における下位項目について

本研究の目的は、経験を積んだ評定者の総合的な作文評価結果と相関関係を持つ分析的、客観的な量的指標を抽出することにある。では、留学生が書いた文章のどの項目を量的に測定すればいいのであろうか。

作文の評価の方法としては、筆者らが採用している主観的・総合的評価方法と、文章を文法、表記、語彙などの下位項目に区分して、各項目の評価を合計して行う分析的方法がある。英語教育においては、Jacobs et al. (1981) による ESL Composition Profile が分析的評価の基準として用いられる頻度が高い。この方法では評価項目を「内容」「構成」「語彙」「言語使用」「言語的技術」に細分化し、それぞれ 30、20、20、25、5 の配点で採点し、その合計を文章の評価としている。また、日本語教育学会 (1991) は評価項目を「趣旨の明確さ」「内容」「正確さ」に分類し、さらに「正確さ」を「文法・語法」「語彙」「文字・表記」に細分化して評価する方法を提案している。この方法では、「趣旨の明確さ」が 10%、「内容」50%、「正確さ」40%の割合で文章全体の評価を算出する。

Jacobs et al. (1981) と日本語教育学会 (1991) の共通点を見ると、「内容」「語彙」が両者に見られる。また、Jacobs et al. (1981) における「言語使用」「言語的技術」は、日本語教育学会 (1991) における「文法・語法」「文字・表記」に相当すると考えられる。そこで、本研究においては、分析的評価の項目として、Jacobs et al. (1981) の用語を用い、「内容」「語彙」「言語使用」「言語的技術」を採用することとする。

Jacobs et al. (1981) では「構成」、日本語教育学会 (1991) では「趣旨の明確さ」が取り上げられているが、これらは現時点では、機械処理の可能性が把握できないため、本研究では評価基準の下位項目として取り上げないこととする。

3. 下位項目を測定するための量的指標

本研究は、留学生の書いた文章を評価するための量的指標を抽出することを目的として探索的研究である。そこで、まず、下位項目を評価するための量的な指標をできるだけ取り上げ分析し、次に、指標間の相関関係を検討し、指標の選別を行うこととする。

ここでは、「内容」「語彙」「言語使用」「言語的技術」の下位項目を評価する際にどの量的指標を取り上げればいいのかについて検討を加える。

杉本 (1991) は、事前テストと事後テストで産出された文章の量を調べる指標として、文字数とアイデア・ユニット数を採っている。この研究においては、これらの量的指標が増加することを、話題に対する知識の獲得が起こったことと定義している。Jacobs et al. (1981) の「内容」においても話題に対する知識の多さが第一の基準として取り上げられている。そこで、本研究では、「内容」を測定する量的な指標として、文字数とアイデア・ユニットを取り上げることにする。

小室 (2001) は、作文中の使用語彙によって作文を評価することがあることを指摘している。これは、熟練した書き手は高度で、頻度が低い語彙を使用するという前提に基づいたものである。本研究においても「語彙」を測定する量的な指標として、全語数、実質語数、実質語における頻度の高い語 (初級語) と高度で頻度が低い語 (中・上級語) が実質語に占める割合を取り上げることにする。

学生の作文力、とりわけその統語的習熟度を測定する手段としては、Hunt (1973) の T-Unit の長さがある。小室 (2001) は、T-Unit とは、「文の言語的複雑性を表す尺度で、文が分割される最小の単位として定義される。つまり、1 つの独立節とこれらに付加されるあらゆる種類の従属節からなる。」とし、T-Unit 内の単語数が多ければ、それだけ熟達した作文であると評価されると解説している。門田 (2002) は、T-Unit を作文の質的評価の指標として用いることに関して、1) T-Unit 等の形式的・表面的な基準では、少なくとも外国語における作文能力の妥当な指標とはならない、2) 文法的・意味的間違いを含まない error-free T-Unit の割合や長さが、かなり有効な指標になりうることから、文法的・意味的誤りは決して無視することができず、外国語学習者の場合その作文能力においてとりわけ重大な意味を持ってくる、と指摘している。しかし、これらは英語作文を題材とした研究結果からの指摘であり、日本語を第二言語とする書き手が書いた文章についての検証はまだ行われていない。また、現時点においては、文章から文法的・意味的間違いを機械的に抽出することが不可能であるため、error-free T-Unit の割合や長さは本研究では取り上げないこととする。

また、山本 (1985) は、読解教材の難易の基準として、日本語教科書などの一文の平均字数と漢字含有率を取り上げている。これによれば、初級や中級前半の日本語教科書において一文の平均字数は 23・23 字で、漢字含有率が 30% 後半であるのに対して、国語国文学等の専門雑誌の一文の平均字数が 75.7 字、漢字含有率が 45.7% であることがわかる。この研究は読解教材の素材選定の量的指針を検討するためのものであるが、この結果から、文章の質が向上するにしたがって、一文の平均字数、漢字含有率が高くなることが推測できる。

そこで、本研究においては「言語使用」を測定する量的な指標として T-Unit 数、1T-Unit の平均字数 (T-Unit の長さ)、1T-Unit の平均語数 (T-Unit の長さ)、1T-Unit の平均アイデア・ユニット数 (T-Unit 内の命題の多さ)、一文の平均字数を取り上げる。そして「言語的技術」として漢字数と漢字含有率を用いることにする。

【仮説】

主観的・統合的評価の高い文章は、文字数、漢字数、アイデア・ユニット数が多く、一文の長さ、及び T-Unit の長さが長い文章である。さらに、評価が高い文章は、他の文章に比べて、使用する語数、特に、高度で頻度が低い語の使用頻度と漢字含有率が高い。

4. 分析の手続き

4. 1 分析対象

2000 年度 1 学期のプレイスメントテストで課した説明文課題を分析の対象とする。この課題を対象としたのは、他の課題に比べ、表現すべき内容が図に表示されているため、受験者の知識、想像力、立場などの作文能力以外の要因に内容が左右されず、内容的妥当性が高いと考えたからである。

2000 年度 1 学期のプレイスメントテストでは、136 名が受験したが、このうち、初級レベルの別テストに回った学生が 40 名おり、欠席もいたため、本研究で対象とする課題作文を書いたのは、93 名である。本研究においては、この 93 名の受験者の母国の公用語の語派に基づきグループ化を行い、そのグループの割合に基いた層化抽出法により 32 名の作文を無作為抽出した⁽²⁾。このうち 2 名の作文は、課題外の内容であったため、分析対象から除外した。抽出した語派、人数を表 1 に示す。

表 1 受験者の語派別抽出数

	受験者人数	割合	語派別抽出数
ウルドゥー語	1	1.1%	1
チベット・ビルマ語	1	1.1%	0
チュルク語族	1	1.1%	0
英語圏	2	2.2%	1
インドネシア語派	3	3.2%	1
タイ語	5	5.4%	2
ロマンス語	5	5.4%	2
スラブ語圏	8	8.6%	3
朝鮮語	31	33.3%	10
中国圏	36	38.7%	12
計	93		32

4. 2 評定者間信頼性と評定者内信頼性の検証

採点者の主観的判断で全体を評価する主観的・総合的評価方法は、ある程度の妥当性は期待できるものの、信頼性が低くなる可能性が高い。そこで、分析を進める前提として、評定者内信頼性と評定者間信頼性の検証が行われた。評定者内信頼性については、1 人の評定者が分析対象となる 30 の作文の評価を二度行った。それぞれの評定の間には 1 週間の間がおかれた。評定者間信頼性に関しては、評定者内信頼性の検証を行った評定者ともう一人の評定

者の評価結果の相関関係が検定された。どちらの検証においても、文脈効果を相殺するために、作文の提示順序は乱数に従って変更され、結果は SPSS 統計パッケージを用いて⁽³⁾スピアマンの順位相関係数が計算された。その結果、評定者内においても ($\gamma_s(30)=.994, p<.001$)、評定者間においても ($\gamma_s(30)=.886, p<.001$)、強い相関があることが検証された。従って、本研究における評定者の信頼性は高いと判断できる。以下、評定者内信頼性の検証を行った評定者の二回目の順位を検証の対象として用いることとする。

4. 3 量的指標の抽出方法

本研究では、「内容」を測定する量的な指標として、文字数とアイデア・ユニットを取り上げる。このうち文字数については、作文データの漢字コードを EUC-JP に変換した上で、半角カナを全角カナに、全角英数字を半角英数字、tab 等を全角スペースに変更し、そのデータを文字単位に分割して加算するという方法を採用⁽⁴⁾。アイデア・ユニットに関しては、杉本 (1991) の操作的定義に準じ、単純命題一つを一つのアイデア・ユニットとし、言語学を専攻する大学院生 2 名に分析を依頼した。アイデア・ユニットの測定は現時点では機械的処理が不可能であるが、今後形態素解析の結果と相関を見ることによりユニットの推定が可能になると判断した。

「語彙」を測定する量的な指標としては、全語数、実質語数、実質語における初級語の割合と中・上級の割合を取り上げる。全語数、実質語数に関しては、作文データを形態素解析を行い⁽⁵⁾、記号、助詞、助動詞などを含む全語数と、記号、助詞、助動詞などを除外した実質語数を算出した。初・中・上級語の認定には、国際交流基金・日本国際教育協会 (1994) の日本語能力試験出題基準の 1～4 級語彙表を用いた。まず、形態素解析によって得られた実質語と日本語 1～4 級語彙表との照合を行い、各級の語彙数を算出する。その上で、1、2 級の語であれば中・上級語、3、4 級の語であれば初級語として認定する。中・上級語、初級語を設けたのは、欠損値が出ることを避けるためである。

「言語使用」を測定する量的な指標として T-Unit 数、1T-Unit の平均字数 (T-Unit の長さ)、1T-Unit の平均語数 (T-Unit の長さ)、1T-Unit の平均アイデア・ユニット数 (T-Unit 内の命題の多さ)、一文の平均字数を取り上げる。T-Unit に関しては、Hunt (1973) の操作的定義に準じ、アイデア・ユニットの分析を担当した大学院生 2 名に依頼する。T-Unit に関しても、今後形態素解析の結果と相関を見ることによりユニットの推定が可能になると判断し、分析の対象として取り上げることにした。一文の平均字数の算出に際しては、まず文を「『。』で区切れる単位」と定義し、文章中の「。」を算出することにした。

最後に、「言語的技術」を測定する量的な指標として漢字数、漢字含有率を用いるが、これは、EUC-JP の和文コード表の表の亜～龠を漢字として算出することにした。

5. 結 果

5. 1 相互に影響を与える指標の除外

分析の対象とした量的指標の全体的特徴を表 2 に示す。次に、スピアマンの順位相関係数が二つの指標間で計算された。これは、指標間での相関が高く結果を歪める原因となる指標を、分析の対象から除外するためである。

分析の結果、字数と全語数 ($\gamma_s(30) = .968$ $p < .001$)、字数と実質語 ($\gamma_s(30) = .910$ $p < .001$)、全語数と実質語 ($\gamma_s(30) = .971$ $p < .001$) には、有意に強い相関関係が見られた。そこで、語彙を評価する下位項目から、全語数、実質語数を除外することにした。次に、T-Unit の長さを示す 1T-Unit の平均字数と 1T-Unit の平均語数 ($\gamma_s(30) = .948$ $p < .001$) にも、有意に強い相関関係が見られた。英語を対象言語とした研究では、1T-Unit の平均語数が量的な指標として用いられることが多いため、本研究では 1T-Unit の平均字数を分析対象から除外することとした。

表 2 量的指標の全体的特徴

	平均数(SD)
文 字 数	243.6(78.01)
Idea-Unit 数	14.6(6.40)
全 語 数	145.9(51.56)
実 質 語	94.7(35.94)
4 級語数	43.0(15.02)
3 級語数	14.9(7.95)
2 級語数	10.8(6.46)
1 級語数	1.6(1.63)
初級語割合	45.7%(0.09)
中上級語割合	12.7%(0.05)
T-Unit 数	9.7(4.35)
1T-Unit の字数	30.1(25.17)
1T-Unit の語数	18.3(17.43)
1T-Unit のアイデア・ユニット数	1.6(0.53)
1 文の平均字数	33.7(17.36)
漢 字 数	64.9(27.78)
漢字含有率	26.0%(0.07)

5. 2 「内容」を測定する量的な指標と評価結果の関係

「内容」を測定する量的な指標と順位との相関関係を示したのが表 3 である。表 3 から、順位と文字数の間 ($\gamma_s(30) = -.491$ $p < .006$) にも、順位とアイデアユニットとの間 ($\gamma_s(30) = -.518$ $p < .003$) にも

表 3 評価結果と内容を測定する量的な指標との相関

量的指標	スピアマンの順位相関係数
文 字 数	-.491**
アイデア・ユニット	-.518**

** $p < .01$

比較的強い負の相関が有意にあることがわかる。これは、作文評価の順位が下がる、つまり値が大きくなるにしたがって、文字数及びアイデアユニットの数が少なくなることを意味する。以上の結果から、主観的・統合的評価の高い文章は、文字数とアイデア・ユニット数が多いという仮説は支持されたと判断できる。

5. 3 「語彙」を測定する量的な指標と評価結果の関係

「語彙」を測定する量的な指標と順位との相関関係を示したのが表4である。この表から、順位と3級語の割合との間 ($\gamma_s(30) = -.675$ $p < .0001$) には有意に比較的強い負の相関があることがわかる。これは、作文評価の順位が下がるに従って、3級語の割合が減少することを意味する。つまり、評価が高い作文ほど、頻度の高い3級語の使用が多く、評価が下がるに従って

その使用割合が少なくなることを意味する。この結果は、評価が高い文章は、他の文章に比べて、使用する語数、特に、高度で頻度が低い語の使用頻度が高いという仮説とは逆の結果である。また、3級以外の級、及び初級語、中・上級語では、有意な相関は観察されなかった。

表4 評価結果と語彙を測定する量的な指標との相関

量的指標	スピーアマンの順位相関係数
4級語割合	.066
3級語割合	-.675**
2級語割合	-.007
1級語割合	.142
初級語割合	-.219
中上級語割合	.221

** $p < .01$

5. 4 「言語使用」を測定する量的な指標と評価結果の関係

「言語使用」を測定する量的な指標と順位との相関関係を示したのが表5である。表から、順位と1T-Unitの平均アイデア・ユニット数との間 ($\gamma_s(30) = -.525$ $p < .003$) には比較的強い負の相関が有意にあることがわかる。また、順位と文の平均字数の間 ($\gamma_s(30) = -.455$ $p < .012$) には比較的強い負の相関が5%水準であることがわかる。これは、順位が下がるに従って、1T-Unitの平均アイデア・ユニット数が下がるとともに、一文も短くなることを意味する。しかし、T-Unit数、1T-Unitの平均語数(T-Unitの長さ)と順位の間には統計的に有意な相関関係は観察されなかった。

以上の結果から、主観的・統合的評価の高い文章は、一文の長さ、及びT-Unitの長さが長い文章であるという仮説は部分的には支持されたと判断できる。

表5 評価結果と言語使用を測定する量的な指標との相関

量的指標	スピーアマンの順位相関係数
1T-Unitの字数	-.252
1T-Unitの語数	-.340
1T-Unitのアイデア・ユニット数	-.525**
1文の平均字数	-.455*

** $p < .01$

* $p < .05$

表6 評価結果と言語的技術を測定する量的な指標との相関

量的指標	スピーアマンの順位相関係数
漢字数	-.495**
漢字含有率	-.242

** $p < .01$

5. 5 「言語的技術」を測定する量的な指標と評価結果の関係

「言語的技術」を測定する量的な指標と順位との相関関係を示したのが表6である。表から、順位と漢字数の間 ($\gamma_s(30) = -.495$ $p < .005$) には比較的強い負の相関が有意にあることがわかる。これは、順位が下がるにつれて、使用する漢字の数も少なくなることを意味する。しかし、順位と漢字含有率の間には、有意な相関関係は観察されなかった。この結果から、主観的・統合的評価の高い文章は、漢字数が多いという仮説は部分的に支持されたと判断できる。

6. 全体的考察

以上の分析により、以下のような主観的・統合的評価の高い文章の量的特徴が明らかにされた。

- 1) 文字数とアイデア・ユニット数が多い。これらの指標は、「内容」を測定する量的な指標となる可能性がある。
- 2) 一文の長さ、及び T-Unit の長さが長い。これらの指標は、「言語使用」を測定する量的な指標となる可能性がある。
- 3) 漢字数が多い。この指標は、「言語的技術」を測定する量的な指標となる可能性がある。
- 4) 語彙を測定する指標として仮定していた語数、実質語における頻度の高い語（初級語）と高度で頻度が低い語（中・上級語）が実質語に占める割合は、文章の語彙的側面を測定する量的な指標とはならない。
- 5) 「言語使用」を測定する量的な指標として仮定していた T-Unit 数、1T-Unit の平均語数、「言語的技術」を測定する量的な指標として仮定していた漢字含有率は、本研究の結果からは、作文評価の量的指標とはならない。

上記の結果では、分析的評価において語彙は、機械的な処理が難しいことを示唆する。これは、表1に示されているように、使用されている実質語の半分近く（45.7%）が初級語であり、中上級語は、12.7%しか使用されていないことにも原因があると考えられる。本研究では、受験者の知識、想像力、立場などの作文能力以外の要因に内容が左右されない説明文課題を分析の対象とした。しかし、表現すべき内容が図に表示されているため、使用語彙にも制限がかかったことが推測される。

今後は、同一課題で使用された語彙のコーパスを作成し、どのような語彙を使用した作文が主観的・統合的に高い評価を得るかを分析することが必要であろう。さらに、本研究で示唆された可能性を検証し、作文評価の機械処理システムの構築を目指す必要がある。

注

- (1) 2001年度の各学期の補講申し込み者及びプレイスメント・テスト受験者人数は以下の通りである。

学 期	申し込み者数	テスト受験者
1 学期	270	149
2 学期	243	113
3 学期	226	71

- (2) 語派の分類は、田中春美編(1988)『現代言語学辞典』成美堂による。なお、公用語の抽出は「マイペディア」(1995)平凡社に基づく。乱数の抽出は、1997 年度版統計数値表編集委員会、簡約統計数値表乱数表に基づいた。
- (3) SPSS 統計パッケージは、SPSS Japan Inc、SPSS Base System Version 10 を使用した。
- (4) 文章の数量産出用電算処理プログラムは、perl version 5.6.0 built for darwin を用いて作成した。
- (5) 形態素解析には、奈良先端科学技術大学院大学形態素解析システム『茶筌』version 2.2.9 を利用した。

参考文献

- 門田修平(2002)『英語の書きことばと話しことばはいかに関係しているかー第二言語の理解の認知メカニズム』くろしお出版
- 国際交流基金・(財)日本国際教育協会(著・編)(1994)『日本語能力試験出題基準』凡人社
- 小室俊明(著・編)『英語教育研究リサーチ・デザイン・シリーズ4 英語ライティング論ー書く能力と指導を科学する』河源社
- 杉本明子(1991)「意見文産出における内省を促す課題状況と説得スキーマ」『教育心理学研究』第39巻第2号 32-41
- 日本語教育学会(編)(1991)『日本語テストハンドブック』大修館書店
- 山本一枝(1985)「大学一般教養専門書の読みの難易と文体的特徴ー日本語中級読解指導との関係において」『筑波大学留学生教育センター日本語論集』第1号 53-69
- Hunt(1973)Recent measures in syntactic development. In M. Lester(ed.), *Readings in applied Transformational Grammar*(2nd ed), pp. 179-192. Rinehart and Winston.
- Jacobs, H., Zingraf, S., Wormuth, D., Hartfiel, V. and Hughey, J.(1981)*Testing ESL composition: A Practical Approach*, Rowley, MA: Newbury House.

*本研究は平成16年度～18年度科学研究費補助金(基盤(C))課題番号16520313(研究代表者 衣川隆生)の助成を得たものである。