

## 理工系学生を対象とした技術文書作成支援システム

松本 章代<sup>†</sup> 山田未央佳<sup>††</sup> 山田 翔<sup>††</sup> 鈴木 雅人<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 青山学院大学 理工学部

〒 229-8558 神奈川県相模原市淵野辺 5-10-1

<sup>††</sup> 東京工業高等専門学校

〒 193-0997 東京都八王子市櫛田町 1220-2

E-mail: <sup>†</sup> akiyo@it.aoyama.ac.jp, <sup>††</sup> suz@tokyo-ct.ac.jp

**あらまし** 技術者を目指す理工系学生にとって、論文などの技術文書を執筆する能力は必要不可欠である。しかしながら、論理的な文章を書くことが苦手な理工系学生は多い。一方、彼らは論理的思考能力を必要とするプログラミングは得意である。そこで、プログラミングの技術を論文執筆に活かすために、文書をクラス図のような形に可視化する推敲システムを考案した。可視化により、理工系学生にとって文章の構造が理解しやすくなると考える。本システムにより文書を客観的に解析することで、自分が書いた文章の不具合を認識させ、学生自身の文書作成能力の向上を図る。本稿では、開発したシステムおよび、その利用効果について報告を行う。

## A Support System Aimed at an Improvement of Technical Writing Ability For Science and Engineering Course Students

Akiyo MATSUMOTO<sup>†</sup>, Mioka YAMADA<sup>††</sup>, Sho YAMADA<sup>††</sup>, and Masato SUZUKI<sup>††</sup>

<sup>†</sup> College of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

Fuchinobe 5-10-1, Sagami-hara, Kanagawa, 229-8558 Japan

<sup>††</sup> Tokyo National Collage of Technology

Kunugidamachi 1220-2, Hachioji, Tokyo, 193-0997 Japan

E-mail: <sup>†</sup> akiyo@it.aoyama.ac.jp, <sup>††</sup> suz@tokyo-ct.ac.jp

**Abstract** It is very important ability to make the engineering documentation for science and engineering course students. However, many of them are not good at writing logical sentences. Meanwhile, they are good at writing logical computer programs. We have devised a support system to polish a document written by themselves. It is available to make visible the document to the way in the class chart of the object-oriented programming languages. Students can find and revise the incomprehensible sentences and illogical part by using this software. It leads to an improvement technical writing ability for them. In this paper, we introduce our developed software and verify its effectiveness.

### 1. はじめに

技術者を目指す理工系学生にとって、論文などの技術文書を執筆する能力は必要不可欠である。我々はこれま

で、理工系学生を対象とした論文執筆支援システムを構築し、実際の論文指導に利用している [1] [2]。我々が構築したシステムには、文献 [3] [4] [5] を参考に、

- 論文のルール<sup>(注1)</sup>に則って書かれていない文
- 意図が伝わりにくい文

を検出する機構が既に備わっている。学生は、論文を執筆した際、教員に添削を依頼する前にこのシステムを利用し、自身の力で校正を行う。しかしながら、ルール違反の文の校正が比較的容易である一方、「意図が伝わりにくい」と判断された場合は、学生自身が文章を修正するに至らないという問題があった。これは、どのように修正すればよいかといった指針が示されないことに起因する。システムが具体的な修正案を提示しないことは、学生自身に考えさせることにつながるという教育効果を考へてのことであったが、実際には「意図が伝わりにくい」と判断された文に学生が手をつけることができない状況となっていた。そこで、意図が伝わりにくい文や論理的でない部分に対する推敲を支援する機構を考へた[6][7]。これは、論理的思考能力を必要とするプログラミングは得意であるのに、論理的な文章を書くことが苦手な理工系学生は多いという現状にヒントを得たものである。プログラミングの技術を論文執筆に活かすために、文書をクラス図のような形に可視化する推敲システムである。可視化により、理工系学生にとって文章の構造が理解しやすくなると考へる。本システムにより文書を客観的に解析することで、自分が書いた文章の不具合を認識させ、学生自身の文書作成能力の向上を図る。本稿では、この推敲支援のための可視化システムを構築し、評価実験を行う。

本稿では、2章で従来の作文教育システムに対する本研究の位置づけについて述べ、3章で実装したシステムの概要を説明する。4章では、評価実験について述べ、その利用効果について考へる。5章で成果をまとめる。

## 2. 本研究の位置づけ

米国では既に、複数の論文自動採点ソフトが開発され、その中の一つ Criterion(e-rater)[8]は、2001年の時点で全米の中学・高校を中心に200以上の機関で5万人の生徒に利用されている。日本でも、石岡ら[9]による日本語小論文自動評価採点システム「Jess」[10]というソフトがe-raterとほぼ同じ原理で開発されている。これらの自動採点ソフトの仕組みは、上手な文章が持つさまざまなパターンを基準とし、その基準からどれだけ隔たっているかによって文章の上手でない度合いを評価するものである。

また、日本語作文小論文検定協会による日本語の文章解析ソフト「森リン」[11]は、「文章の上手さは、一般に語彙の豊富さと高い相関関係にある」とし、「語彙の量」や、文の長さに基づく「文章の持つリズム」を、数値化

(注1)：「常用漢字以外や当て字の禁止」「体言止めの禁止」「です・ます調の禁止」など。

し評価する。

これら現在の文章添削システムは、文法の正しさ、語彙の豊富さ、文の長さ、漢字の量といった、表面的な指摘を行うものが主流である。これらは主に小中学生の作文を対象としており、高等教育機関における科学技術論文の執筆指導を目的としたものではない。

一方、研究レベルでは技術文書を対象とした推敲支援ツールがいくつか開発されている。菅沼ら[12]は、マニュアルの執筆を想定し、読み手に誤解される文の検出を行っている。我々のシステムが機械学習を用いて「意図が伝わりにくい文」を統計的に判断するのに対し、菅沼らはヒューリスティックな理論に基づき判断を行う仕組みを提案している。また、大野ら[13]は技術文章を対象とした校正・推敲支援のためツールを構築している。技術文書を書く上で順守すべきルールを指摘できる機能や、長文について係り受けの確認と修正を支援する機能は、我々が構築しているシステムの一部と類似している。ただし、本研究は章／節単位の可視化を行い、係り受けのみならず論理の飛躍等をチェックできる点において独創的である。

このような従来の文法的な添削や推敲支援に対し、本システムの文書可視化機構は「著者本人が自分の意図が適切に読者に伝わる論理的な文章となっているかどうかを確認・修正を行う」ためのヒントを提供するものである。「文章」を理工系の学生にとって抵抗感の少ない「図」の形に可視化し、それを元に学生本人が考へ直すことによって学生自身の文章表現能力の向上を見込めると考へられる。さらに、教員側の基本的な文章表現の指導といった余計な労力を減らし、高度な指導に専念できる。科学技術論文の執筆指導において、学生・教員双方にメリットがあるものと期待できる。

## 3. システム構成

本システムは、利便性を考慮し現在ウェブアプリケーションとして構築している。システム自体はVineLinux上で動作しており、開発言語はRuby、日本語の係り受け解析には(株)CSKが開発したパーザを用いている。またグラフの描画にはGraphviz<sup>(注2)</sup>を使用する。

### 3.1 システム概要

「論文可視化機構」と、既に文献[1][2]で報告した「論文の基本事項チェック機構」「意図が伝わりにくい文の検出機構」とを統合し、「技術文書作成支援システム」として完成させた。「論文可視化機構」の機能は、大きく2つである。

- (1) 「意図が伝わりにくい文の検出機構」において検出された文に対して、文単位の可視化を行う機能。
- (2) 複数文をまとめて可視化を行い、1つの図を作成する機能。

(注2)：<http://www.graphviz.org/>

### 3.2 入力から出力までの流れ

技術文書作成支援システムにおける一連の動作の流れは次のとおりである。

- (1) ウェブブラウザのフォームに入力されたテキスト(論文)を入力データとして受け取る。
- (2) ルール違反のチェックを行い、問題点を指摘し、修正を要求する。
- (3) 修正後のテキストを受け取る(A)。
- (4) (A)から意図が伝わりにくい文を抽出し、文単位でグラフにし、ブラウザ上に画像として出力する。
- (5) 修正後のテキストを受け取る(B)。
- (6) (B)全体から1つのグラフを作成し、ブラウザ上に画像として出力する。

### 3.3 文単位の可視化

文単位の可視化の目的は、

- 修飾-被修飾関係が意図どおりに解釈されない可能性のある部分
- 修飾-被修飾関係にある語が離れている箇所を執筆者に認識させ、適切な修正に導くことである。

ここで生成される図は、エッジの始点が修飾語、終点が被修飾語を表す。また、エッジの長さは、修飾-被修飾関係にある語が文中においてどれだけ離れているかを表す。なお、語間の係り方の違い(主格、目的格、並列、といった関係)によって、エッジを色分けしている。

執筆者は、可視化された図を見て、修飾-被修飾関係が正しいか(本システムの解釈と執筆者の意図とが同じになっているか)否かを確認する。もしも異なっている場合は、一致するよう書き変えるべきである。

さらに、長いエッジについては、修飾-被修飾関係にある語の間に多くの語が挟まれていることを表している。木下[14]は、このような文を「逆茂本文」と呼び、読みにくさを指摘している。文節を入れ替えて短いエッジにできないかどうか、検討すべきである。

図1は「金色の雨が五月の明るい太陽の下で輝く若葉に降りそそぐ。」(出典:文献[4])を本システムにより可視化した図である。しかしながらこの図の係り受け関係は誤っている。これは執筆者の意図どおりに構文解析が行われなかったことを意味する。もしもこの文が意図どおりに解釈された場合は、「雨」と「降りそそぐ」が非常に長いエッジで結ばれることになる。そこで文を「五月の明るい太陽の下で輝く若葉に金色の雨が降りそそぐ。」と修正すると、エッジの長さが総合的に短くなる(図2)。

### 3.4 全体の可視化

全体の可視化では、章または節ごとに1つのグラフを作成することを想定している。

全体の可視化の目的は、論理的な飛躍がある場合、それを執筆者に認識させ、適切な修正に導くことである。論理展開に飛躍があると、読者にとって執筆者の意図が分かりにくくなるため、できる限り避けるべきである。

しかし通常、執筆者自身がこれに気が付くことは困難である。

重要な語を中心に可視化を行うと、論理的に丁寧に述べられていれば、図は読み取り易く、ノードはエッジで連結され1つの大きなグラフにまとまる。しかし、論理に飛躍がある場合は、ノードが思うように連結せず、1つの節を可視化する場合であってもいくつかのグラフに分かれてしまう。

処理の流れは次のとおりである。

- (1) 文書全体から、重要と推定される自立語を抽出する。重要度は、文単位のTF-IDFにより算出する。
- (2) 文ごとに主語と述語を抽出する。
- (3) (1)で抽出した語間の係り受け関係から全体を統合したグラフを作成する。その際、(2)で抽出した主語と述語のノードは、目立つような色・形に変更する。なお、「する」「なる」「ある」といった非常に一般的な動詞については、同一文のみノードをまとめるものとする。

実行例として、本稿の「あらまし」を可視化した図の一部を図3に示す。

## 4. 評価実験

今回実装した可視化システムの評価実験について述べる。利用前と利用後の論文を比較し、文章が適切に改善されているか否かを評価する。

### 4.1 実験概要

評価実験は、大きく分けて次の2種類の実験で構成する。

- (1) 理工系学生を被験者として、実際の論文執筆時に可視化システムを利用させる。
- (2) システム利用前後の文書を第三者に提示し、どちらがより分かりやすい文書かを判断させる。
  - (1)については4.3節および4.4節、(2)については4.5節で詳細に述べる。

### 4.2 実験準備

被験者は高専情報工学科の5年生5名とする。卒業論文の第1章(序論)を執筆する際に本システムを利用させる。

まずは自由に書かせた後、「論文の基本事項チェック機構」を利用し、すべての問題を独力でクリアさせた。以降、この段階の論文のことを指して、論文①と呼ぶ。

### 4.3 実験1:文単位の可視化に関する評価実験

#### 4.3.1 実験内容

論文①の中で「意図が伝わりにくい文」という指摘を受けた各文について、文単位の可視化を行った上で文章の修正を行う利用実験である。

ただし、「意図が伝わりにくい文」という指摘が無い、もしくは少なかった場合のことを考え、「意図が伝わりにくい文」という指摘に限らず、すべての文について出力で

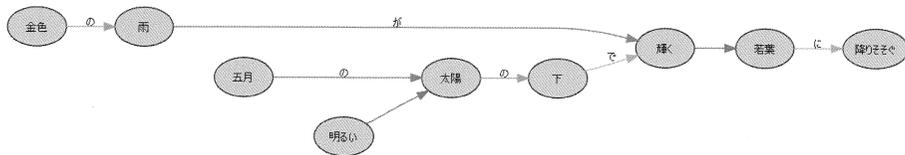


図 1 「金色の雨が五月の明るい太陽の下で輝く若葉に降りそそぐ。」を可視化した図

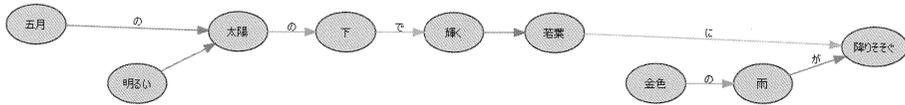


図 2 「五月の明るい太陽の下で輝く若葉に金色の雨が降りそそぐ。」を可視化した図

きるようにした。執筆者自身が「分かりにくくなってしまっているかもしれない」と感じた文を任意で選び、可視化することができる。

この実験 1 では、被験者に次のことを依頼した。

論文①の中で、「意図が伝わりにくい文」という指摘を受けた文を抽出する。「意図が伝わりにくい文」が 5 文に満たなかった場合、「この文章、分かりにくいかもしれない」と自分で思った文を抽出する。これらをあわせて、少なくとも 5 文以上を選ぶこと。それぞれの文に対する可視化について、以下の項目に対しまとめること。

- 可視化した文
- 可視化された図から、文の不具合に気付くことができたか
- 気付いた場合、どのようなことに気付いたか
- どのように直せばいいのか、ということについて、ヒントを得られたか
- 実際、どのように書き直したか（最終的な形のみ示せば良い）

#### 4.3.2 実験結果

実験 1 を実施したところ、合計 29 文について回答を得ることができた。結果をまとめ、以下に示す。

- 可視化された図から、文の不具合に気付くことができた数：
  - 29/29 文 (100%)
- 図を見て気が付いたこと（複数回答可）：
  - 意図しない係り受けが存在：7 文
  - 意図した係り受けが無い（述語や単語のノードが孤立している場合を含む）：6 文
  - 係り受けが遠い：7 文
  - 主語が無い：6 文

- グラフが途切れ途切れ：12 文
- 主語や述語が意図しないもの：5 文
- 文が長すぎる：3 文
- 図が適切でない：1 文
- 文の流れが主語→述語になっていない：2 文

- どのように直せば良いか、ヒントを得られた数：
  - 20/29 文 (69%)
- どのように対処したか（修正した場合、しなかった場合ともに）：
  - 文が長すぎるので、文を分けた。
  - 主語を作った。
  - 主語・述語が意図したものになるように努力した。
  - 1 文だけ修正しても、前後の文との整合性が取れなくなるので、ここでは修正しなかった。

#### 4.4 実験 2：全体の可視化に関する評価実験

##### 4.4.1 実験内容

実験 2 では、文単位の可視化による修正を反映させた論文を用いる。以降、これを論文②と呼ぶ。

この実験 2 では、被験者に次のことを依頼した。

実験 1（文単位の可視化）による修正を反映させたものを利用する。章や節全体を一度に、もしくは意味的につながりのある段落ごとに可視化し、次の項目に対しまとめること。

- 可視化した文
- 可視化された図から、文の不具合に気付くことができたか
- 気付いた場合、どのようなことに気付いたか
- どのように直せばいいのか、ということについて、ヒントを得られたか
- 実際、どのように書き直したか（最終的な形のみ示せば良い）

表 1 「分かりやすい」と評価した人数

	修正前	修正後
論文 A	5	5
論文 B	1	9
論文 C	4	6
論文 D	3	7
論文 E	0	10

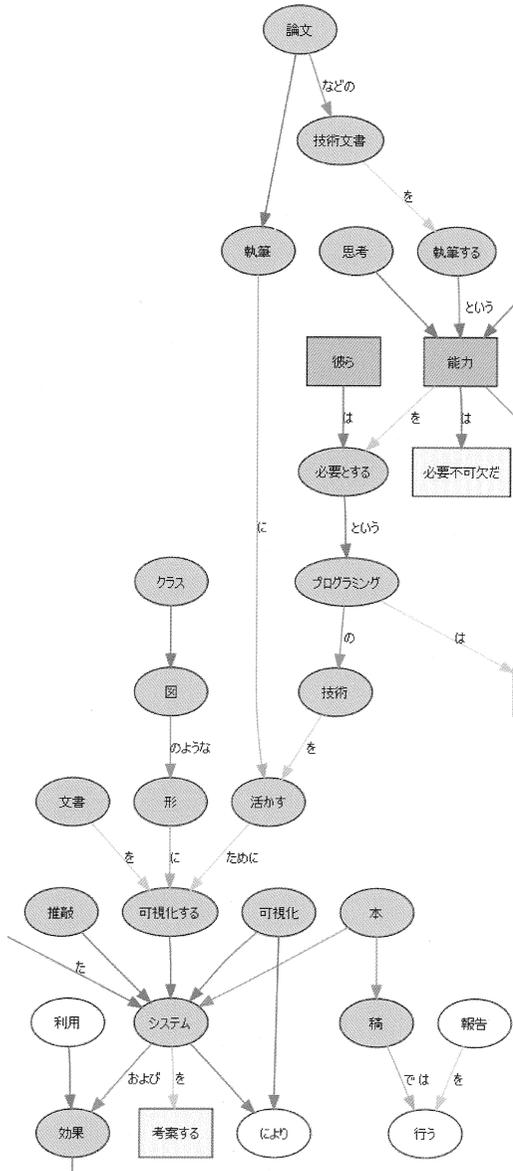


図 3 実行例 (本稿の「あらまし」を可視化)

#### 4.4.2 実験結果

以下に実験 2 の結果を示す。被験者全員合わせて、計 12 回の可視化が行われている。

- 可視化された図から、文の不具合に気付くことができた数：
  - 9/12 回
- 図を見て気がついたこと (複数回答可)：
  - 主語・述語の数が足りない。
  - 係り受けが複雑すぎる。
  - 文前後のつながりが把握しにくい。
  - 主語と述語が期待どおりのものではない。
  - 主語が無い。
- どのように直せば良いか、ヒントを得られた数：
  - 7/9 回

#### 4.5 第三者による論文の評価

##### 4.5.1 実験内容

全体の可視化を通して修正された文書が、修正する前より分かりやすくなっているかどうかを評価する実験を行う。第三者である評価者 10 名に、同一人物が書いた修正前後の論文を並べて見せ、どちらがわかり易いか判断させる。

また、「どちらの文書も分かりにくい」「全体的に分かりにくいほうの文書でも、この 1 文については、もう片方より分かりやすい」など、総合的な意見や 1 文ごとに対する意見なども収集する。

実験に使用した論文は、論文②と全体の可視化を通して修正された 5 名の論文である。それぞれ、修正前と修正後を適当な順番に並べ、どちらが修正前か後かは分からないようにする。その双方に対して、同一の人物が書いたものであることを表す A~E の番号を振る。

##### 4.5.2 実験結果

評価者 10 名から得られた結果をまとめ、表 1 に示す。

#### 4.6 考察

##### 4.6.1 論文可視化システムについて

実験 1 および実験 2 において得られた結果から、「可視化された図を見ることで、執筆者自身が文書の不具合に気付く」という効果は確認された。それに対し、修正のためのヒントを得られた件数は若干少なめである。得られなかったケースでは「図をどのように見ればいいのか、まだよくわからない」「図を見て、もっと分かりやすく書くにはどうしたらいいのか分からない」という意見

が寄せられた。また「グラフをつなげようとするあまり、分かりやすさを追及することを失念した」という意見もあった。

このことから、文書を修正するヒントを得るためには、図の使い方を十分に理解する必要があると考えられる。

#### 4.6.2 第三者による評価について

評価対象となる論文の数が少ないため断定はできないが、修正後の方が「わかり易い文書」として選ばれる傾向にある。「分かりやすさ」は全体可視化により向上すると言えそうである。

#### 4.6.3 評価実験全体を通して

評価実験全体を通して、「可視化システムの使い方に慣れれば、このシステムは非常に有効なものになりうる」という知見を得られた。第三者による評価において、修正後の文書の方が分かりやすいと全員から評価された論文 E は、共著者の山田の論文である。山田と他の学生との大きな違いは、彼女がシステムを構築していくうえで、可視化された図の利用方法に慣れてきたことにある。また、様々な文書を試験的に可視化する間に、どのように直すべきなのかを考える機会が多かったため、添削作業にある程度慣れてきたことも影響したと考えられる。また、論文 B や D のように、比較的多くの評価者から修正後の論文が選ばれている学生は、「図の使い方はよく分かった」「図を見ると自分の文書がどれだけひどいものかよくわかる」といった前向きな意見を挙げている。一方で、論文 A のように、分かりやすさにあまり変化が無い学生は、「図をうまく使えたとは思えない」といった意見を述べている。このことから、図の見方や修正のためのノウハウを伝えたり、長期間の利用により慣れてもらったりすることが「文書の可視化によって、執筆者本人が文書の不具合に気づき、修正するシステム」を実現するうえで重要とわかった。

## 5. おわりに

本稿では、理工系の学生を対象とした技術文書執筆のための教育システムとして、「学生が書いた論文を可視化して客観的に解析することにより、書いた本人に自分の論文の問題点を気づかせるシステム」を構築し、その有効性を検討した。

今回の評価実験において、本システムの有効性が確認できた一方、システムをより有効に利用するためには慣れが必要であることも観察された。そこで、今回の実験の被験者には引き続きシステムを利用してもらい、効果を追跡調査していく予定である。また、システムの利用方法についてのマニュアルを整備すれば、より一層の効果を期待できる。

さらに今後は、論文執筆能力の向上、すなわち「本システムをしばらく使用し続けた場合、それ以降の論文の書き方に何か影響を及ぼすか」について検証を行いたい

と考えている。

## 謝辞

本研究は文部科学省科学研究費補助金（若手 B、課題番号 18700664）の交付を受けている。

## 文 献

- [1] 田中大輔, 松本章代, 鈴木雅人: 理工系学生を対象とした論文における文章作成能力の向上を促すシステムの開発, 電子情報通信学会 情報・システムソサエティ誌 2008 年総合大会特別号, pp.62 (2008).
- [2] 鈴木雅人, 松本章代, 田中大輔, 山田未央佳, 山田翔, 北越大輔: 理工系学生を対象とした文章作成能力向上のための支援システム, 東京工業高等専門学校研究報告書, No.40(1) (2008).
- [3] 中島利勝, 塚本真也: 知的な化学・技術文書の書き方, コロナ社 (1996).
- [4] 阿部圭一: 明文術—伝わる日本語の書きかた, NTT 出版 (2006).
- [5] 戸田山和久: 論文の教室—レポートから卒論まで, 日本放送出版協会 (2002).
- [6] 松本章代, 鈴木雅人, 市村洋: 理工系学生の論理的文書作成支援を目的とした論文可視化システム, 情報処理学会第 69 回全国大会講演論文集, Vol.4, pp.411-412 (2007).
- [7] 松本章代, 鈴木雅人, 市村洋: 理工系学生の論文作成支援を目的とした文書可視化システム, 教育システム情報学会研究報告, Vol.21, No.6, pp.136-139 (2007).
- [8] <http://criterion1.etsu.org/cwe/>
- [9] 石岡 恒憲, 亀田 雅之: コンピュータによる小論文の自動採点システム Jess の試作, 計算機統計学, Vol.16, No.1, pp.3-18 (2003).
- [10] <http://coca.rd.dnc.ac.jp/jess/>
- [11] <http://www.mori7.info/moririn/index.php>
- [12] 菅沼明, 小野貴博: 文章推敲支援における読み手に誤解される文の抽出, 情報処理学会研究報告, 2007-DD-61, Vol.2007, No.50, pp.31-38 (2007).
- [13] 大野博之, 稲積宏誠: 技術文章の校正・推敲支援ツールにおける機能拡張容易性の向上, 電子情報通信学会 教育工学研究会 技術研究報告, ET2007-89, pp.31-36 (2008).
- [14] 木下是雄: 理科系の作文技術, 中公新書 (1981).