

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 3 月 31 日現在

機関番号：32402

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21320095

研究課題名（和文）日本語学習者の視点にたった文章の難易度判定システムの開発と実証研究

研究課題名（英文）Development and Evaluation of a System for Grading Japanese Reading Materials by Level of Difficulty

研究代表者

川村 よし子（KAWAMURA YOSHIKO）

東京国際大学・言語コミュニケーション学部・教授

研究者番号：40214704

研究成果の概要（和文）：

本研究の目的は、世界各国の日本語学習者に、よりよい読解支援環境を Web 上で提供することである。代表者らはすでに読解学習支援システム『リーディング・チュウ太』を開発し Web 上で公開している。今回新たに文章の難易度の主要な決定要因である単語の難易度と構文の複雑さに着目し、「学習者の視点にたった文章の難易度判定システム」を開発することを目指した。そのため、本研究では世界各国の母語の異なる学習者を対象にした難易度判定実験を行い、その結果を基に、単語と構文の双方に着目した文章の難易度判定システムを開発した。さらに、チュウ太の辞書ツールにはデータ・マイニングシステムを組み入れ、日本語学習者の辞書利用の実態調査を行った。利用者の推移や言語別の利用者数の変化および辞書のカバー率の調査を通して、辞書開発に関する今後の課題も明らかになった。研究成果は、Web 上の読解学習支援ツールとして世界の日本語学習者・教育関係者に無償公開している。

研究成果の概要（英文）：

The present research is aimed at improving the overall quality and usefulness of a Web-based reading support system originally developed for learners world-wide who are studying Japanese as a foreign language (JFL). In order to improve the present system, attention was focused on determining the benchmark for levels of difficulty in terms of vocabulary difficulty and sentence complexity. JFL learners from a wide variety of language backgrounds were surveyed to determine which vocabulary items and grammatical structures pose comprehension difficulty for learners at different levels of proficiency. It was found that by taking both word difficulty and sentence complexity into account, a more well-rounded (comprehensive) determination of the overall level of difficulty could be made. Furthermore, techniques of data mining were used to determine trends in usage of the on-line Tutor dictionary. This kind of data is necessary for making adjustments in the information covered in the dictionary and for providing insights into how real learners use the dictionary. The results of this research will be incorporated into the on-line reading support system and made available to educators and learners throughout the world.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2010 年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2011 年度	2,500,000	750,000	3,250,000
年度			
年度			
総計	9,600,000	2,880,000	12,480,000

研究分野：人文学

科研費の分科・細目：言語学・日本語教育

キーワード：日本語教育・読解支援・難易度判定・教材開発・自律学習・インターネット

### 1. 研究開始当初の背景

言語教育において、個々の学習者のレベルにあった教材の選定は不可欠である。とりわけ留学生 30 万人計画が進められている現在、文章全体の難易度判定を即座に行えるシステムが求められている。

研究代表者らは、すでに 1998 年に文中の単語や漢字のレベル判定を自動で行う語彙チェッカーと漢字チェッカーを開発し、1999 年には、辞書ツールや教材バンク等と統合させて、読解学習支援システム『リーディング・チュウ太』(<http://language.tiu.ac.jp>)という形で Web 上の学習環境を構築し、インターネット上で無償公開してきた。語彙チェッカーと漢字チェッカーは、日本語能力試験の出題基準に準拠して難易度判定を行うものであり、学習者はもとより日本語研究や日本語教材の作成にも不可欠な存在となっている。また、システム全体が、Web 上の言語学習環境として、日本語教育のみならず、世界の言語教育分野において先駆的役割を果たし、学習支援のスタンダードとなり、世界各国の日本語学習者に利用され続けている。

だが、文章全体の難易度を判定するシステムはまだ整備されていない。また、日本語学習者の視点からの難易度判定も行われていない。そこで、本研究では、学習者の視点に立った文章の難易度判定システムを開発することにした。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、世界各国の日本語学習者に、よりよい読解支援環境を Web 上で無償提供することにある。そのため、文章の難易度の主要な決定要因である単語の難易度と構文の複雑さに着目し、「学習者の視点にたった文章の難易度判定システムの開発と実証研究」を行うことにした。

### 3. 研究の方法

研究内容は、大きく分けると次の 5 項目になる。①日本語学習者を対象にした難易度判定実験、②難易度を決定する個々の要因の抽出ツールの開発、③難易度判定ツールの開発、④難易度判定ツールの運用実験、⑤読解支援システムを利用する学習者の実態調査、という 5 項目である。

これらを具体的に進めるにあたって、研究は次のような流れで行った。

a. 現行の単語難易度判定ツール「語彙チェッカー」の改良

- b. 単語親密度・単語出現頻度をもとにした単語難易度判定ツールの開発と運用実験
- c. 日本語学習者を対象にした難易度判定実験とその分析
- d. 個々の難易度決定要因を自動抽出するツールの開発と運用実験
- e. 文に含まれる単語の難易度と文の長さをもとにした文章の難易度判定システムの開発と運用実験
- f. 辞書ツールに組み入れ可能なデータ・マイニングシステムの開発と運用実験
- g. データ・マイニングによる学習者の辞書利用の実態調査と分析
- h. 文章の難易度判定システムの構築と Web サービスサーバーによる公開

### 4. 研究成果

研究内容ごとに成果を以下に報告する。

#### ①日本語学習者を対象にした難易度判定実験

文の難易度判定実験は、ヨーロッパおよびアジアの非漢字圏学習者と漢字圏学習者を対象に行った。非漢字圏の学習者の総数は 382 名である。各国の学習者には、単語の難易度や構文の複雑さが異なっている文について、i 難易度を判定する、ii 自らの母語に翻訳するという 2 種類の課題を課した。ii の翻訳については、日本語および学習者の母語ができる調査協力者が 3 段階で評価した。

意識調査と翻訳調査の結果を因子分析したところ、次のことが明らかになった。

- a. すべてのレベルの学習者にとって、単語（機能表現を含む）の難易度は文の難易度に大きく影響する。
- b. すべてのレベルの学習者にとって、構文の複雑さ（テ形および連用中止法、名詞修飾節等）も文の難易度に影響を与える。
- c. 初級・中級学習者にとって、ゼロ格（特に主格の省略）は文の難易度に影響を及ぼす。
- d. 中級学習者の翻訳調査では、モダリティやアスペクトに関する補助動詞の使用が文の難易度に影響を与える。

以上のほかに、初級学習者の翻訳調査においては、視点の移動や慣用表現等も難易度を高めることが明らかになった。

#### ②難易度を決定する個々の要因の抽出ツールの開発

難易度判定実験の結果をうけて、文の難易度に影響を及ぼす各要因（機能表現・名詞修飾節・ゼロ格）を自動で検出するツールの開

発を行った。

#### <機能表現検出ツール>

機能表現の検出には、形態素解析システムとして MeCab を利用した。機能表現としてはグループジャマシイの『日本語文型辞典』の見出し語を取り上げたが、マッチングの際に各表現を文字列としてではなく、形態素列として扱うことにした。それによって直前の品詞が限定されている場合にも対応が可能になった。機能表現検出ツールの仕組みは、次のとおりである。

①入力された文を、MeCab を用いて形態素解析する。

②形態素列で示された機能表現リストとマッチングを行う。

③リストにある形態素列が抽出された時『文型辞典』の該当項目の辞書情報を表示する。

完成した機能表現検出ツールは『リーディング・チュウ太』(<http://language.tiu.ac.jp/>)に組み入れた。使用方法は、他のツールに準じて、画面中央のテキストボックスに文章を入力し、文型辞典のボタンを押すという形にした。結果画面では、本文の機能表現は網掛けで表示され、画面右の『文型辞典』の辞書情報とリンクされ、該当項目がスクロールアップされるという仕組みである。

#### <名詞修飾節検出ツールの開発>

名詞修飾の検出には構文解析が必要なため、形態素解析システムとしては JUMAN、構文解析システムとしては KNP を用いた。名詞修飾は、係り受けの情報を基に被修飾名詞を探し出し抽出した。この場合、名詞の直前に修飾語があるものはすべて名詞修飾と判定し、修飾語の長さについては考慮しないことにした。そのため代名詞や名詞に「の」がついている場合（例：私の本、歴史の本）や形容詞や形容動詞がある場合（例：おもしろい本、きれいな本）も名詞修飾とした。

名詞修飾の構文解析精度は、通常の漢字仮名交じり文であれば、比較的高い。ただし、係り受けがあいまいな文や副詞句が挿入された場合、解析精度は落ちる。このように名詞修飾検出ツールは、JUMAN および KNP の性能に依存するため、より精度の高い検出ツールを作るには、JUMAN や KNP の誤解析への対処方法の模索が必要であることが判明した。

#### <主格省略検出ツールの開発>

主格省略の検出にも、構文解析が必要なため、形態素解析システムとして JUMAN、構文解析システムとして KNP を用いた。KNP に文章を入力すると、係り受け構造や形態素の品詞情報が得られる。そこで「動態述語（動詞）」もしくは「状態述語（形容詞・形容動詞）」と判別された形態素に着目する。一方、主格となり得る名詞には、格助詞「が」や係助詞「は」「も」等が接続する。そこで、入

力文の「動態述語」や「状態述語」に係っている形態素から該当する名詞句を探し出すという方法をとった。ここで問題となるのは、「が」や「は」等の助詞が接続しても主格ではないという場合である。そのため、検索エンジンを活用して文中の名詞が主格になりうるかどうかを判定する仕組みを完成させた。ただし、運用実験の結果、現時点での検出精度は学習支援として活用するには、十分高いとは言えないことが明らかになった。

#### ③難易度判定ツールの開発

名詞修飾節およびゼロ格検出ツールの運用実験の結果をうけて、構文解析を用いずに形態素解析のみを利用した難易度判定ツールを開発する必要があることが判明した。そこで、構文が複雑になれば文が長くなり、難易度も増すという仮説のもとに、文に含まれる単語の難易度と文の長さ（文字数および単語数）を基準にした難易度判定ツールを開発することにした。

新日本語能力試験を視野に入れ、N1 から N5 と級外（N1 より高いレベル）の 6 段階で文の難易度を表示できるシステムの開発を行った。日本語教科書と各分野の専門書をもとに、6 段階の教材に含まれる単語の難易度と文の長さ（文字数および単語数）を指標として、重回帰分析によって難易度の計算式を求めた。

単語の難易度に関しては、基本的には旧日本語能力試験の出題基準（1 級から 4 級および級外の 5 段階）をもとに判定を行うことにした。ところが、運用実験の結果、出題基準のみに準拠すると、特に会話文を中心とした初級教材の判定に問題が生じることが明らかになった。そこで、あらかじめ入力文から固有名詞を除いたデータを用いて、重回帰分析を行うことにした。得られた計算式をもとに、単語と文の長さ（文字数および単語数）によって入力文の難易度を判定するツールの β 版を完成させた。

#### ④難易度判定ツールの運用実験

今回開発した難易度判定ツール β 版の精度を確かめるため、重回帰分析に使用した教材とは異なる教材を用いて運用実験を行った。教材は、あらかじめ 3 名の日本語教師によって N1 から N5 までの 5 段階評価を行ったものを利用した。運用実験の結果、日本語教師による判定と同じ判定を行うことができたものは 85%であった。また判定がずれたものに関しても、そのずれは 1 段階以内であった。この結果から、今回開発した難易度判定ツールは、教材作成のための補助ツールとして活用可能なものであることが判明した。

ただし、重回帰分析の元データであるレベル別教材が異なれば、計算式も異なってくる。

また、単語の難易度を判定する際に、旧日本語能力試験の出題基準でいいのかという問題も残っている。そのため、今後の課題としては、異なった教材によって得られた計算式を基にした場合や、異なった基準の語彙リストを用いた場合との比較運用実験を行い、判定の精度をより高めていく必要がある。

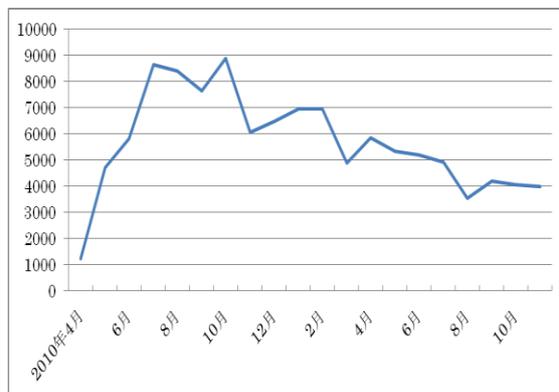
### ⑤ 読解支援システムを利用する学習者の実態調査

本研究において開発した難易度判定ツールを読解支援システムに組み入れるに際し、実際にどのような学習者がどのような形でシステムを利用しているのかを調査する必要がある。そこで、『チュウ太の Web 辞書』へのアクセスログを基に実態調査を行った。

調査期間は、2010年4月から2011年11月の20か月間とし、調査は『チュウ太の Web 辞書』への全アクセスログを対象にした。なお、調査に用いたアクセスログに関しては、Web 上の入力画面に研究用に利用することがある旨明示するとともに、データはすべて統計処理した形でのみ利用した。

#### <辞書の利用件数の分析>

調査期間中の辞書の総利用件数は107,701件で、月平均5,600件の利用があった。アクセスデータを国別に分析したところ、辞書利用の約9割は日本からのアクセスだったが、ベトナム、シンガポール、ロシア、ハンガリー、アメリカやヨーロッパ諸国のほかに、キルギス、カタール、インド、ペルーなど、世界70か国からのアクセスがあった。



#### 辞書の利用件数の変化

辞書の利用は、2010年5月から10月にかけて増加傾向にあり、多い時にはひと月9,000件に達した。その後減少し、現在は月平均4,000件程度になっている。これは、2010年5月に、介護のためのインドネシア語とタガログ語版のミニ辞書を搭載し、朝日新聞等で紹介されたことによって利用者が増えたためである。一方、①基本辞書の翻訳が完了しているのは、ロシア語・ベトナム語のみである、②一般の利用者にとっては、辞書として出題基準の約8600語では不十分である等、

ニーズを十分に満たせていないという状況も影響していると考えられる。

また、各言語版の辞書の利用状況を調査したところ、次のようなことが明らかになった。

- ① すべての言語版が利用されている。
- ② 日本語版の利用者が一番多く、ついで英語、インドネシア語、ベトナム語、中国語、タガログ語、ロシア語の順である。このうち、インドネシア語版の利用者は全体の25%を占めている。
- ③ 複数の言語版を同時に表示させて利用しているケース（特に日本語版や英語版と他の言語版の併用）が多い。

この結果をみると、多言語版辞書への期待の大きさがわかる。とはいえ、現在のところ、言語によっては提供可能な辞書情報がわずかしかないものもある。そのため、辞書情報の整備が終わっていない言語に関しては、③のように複数の言語版を同時に表示させる機能が有効となる。また、辞書としてはミニ辞書のみが提供されているにもかかわらず、インドネシア語版の利用者が多いことは注目に値する。各言語において、辞書の翻訳が間に合わない場合には、便宜的にミニ辞書であっても、より多くの単語の意味が検索可能な辞書の整備が求められていると言えよう。

#### <入力文の調査>

入力文中に含まれている単語をもとに、利用者がどのような文章の読解を目指しているかについて分析した。その結果、インドネシア語やタガログ語版の利用者と、その他の言語版の利用者とは入力文の傾向に大きな違いがあることが明らかになった。

インドネシア語版とタガログ語版の入力文に含まれる単語を調べると、介護・看護関係の単語が上位にあがっている。おそらく、EPAで来日した候補者たちが、介護・看護関係の国家試験に備えた学習のために活用しているものと思われる。

#### <辞書のカバー率>

上述した通り、文章の難易度には、語彙の難易度が最も強く影響する。そのため、学習支援のためには辞書のカバー率が重要となる。そこで、インドネシア語版辞書のカバー率を調査した。調査は2010年12月の全アクセスログを対象に行った。

調査の結果、入力文に対して、辞書収録語（出題基準と介護語彙）のカバー率は92.9%であった。この値は、予測された値より低かったため、「その他」の語を詳しく調査したところ、次のようなことが明らかになった。

- ① ルビ振りのある文や本来漢字で書かれる語がひらがなで入力されたため、形態素解析がうまく行かなかったケースがある。
- ② 「子宮」「心拍」「胎児」等、看護関係の語彙で辞書に未登録の物がある。
- ③ 固有名詞が多く含まれている。

以上のことから、インドネシア語版辞書の利用者のためには、次のような対応を考える必要があることが明らかになった。

- ① ルビ振り文やひらがなのべた書き文の入力を避けるよう画面上で注意を喚起する。
- ② 看護語彙を調査し、ミニ辞書を整備する。
- ③ 固有名詞は地名・人名等の情報だけでも価値が高いと思われるので早急に対応する。

以上が本研究の研究成果の報告である。

開発した単語の難易度と文の長さを指標にした文の難易度判定ツールβ版は、現在 <http://basil.is.konan-u.ac.jp/chuta/level/> で公開している。今後、読解学習支援システム『リーディング・チュウ太』及び『チュウ太のWeb辞書』に組み入れていく予定である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件)

1. 川村よし子、インターネット上で利用可能な文章の難易度判定システムの開発、ヨーロッパ日本語教育、査読有、16号、2012、印刷中。
2. 川村よし子、日本語教育におけるICTの活用と指導法の変容、Japanese Studies Journal、招待論文、19巻1号、2012、1-16。
3. Maeda, Joyce、The Effect of Study Abroad on Learners' Acquisition of Sociolinguistic Norms、東京国際大学論叢 経済学部編、査読無、45号、2011、59-73。
4. 川村よし子・前田ジョイス・保原麗・川村ヒサオ、文章の難易度判定システム構築のための基礎調査、ヨーロッパ日本語教育、査読有、15号、2011、171-178。
5. 北村達也・川村よし子・前田ジョイス他3名、Web上の読解教材作成を支援するツールの開発及び活用法、甲南大学情報教育研究センター紀要、査読無、10号、2011、CD-ROM。
6. 野村愛・川村よし子、外国人介護士のための日本語読解学習支援システムの開発と評価、日本語教育学会春季大会予稿集、査読無、2010、294-299。
7. 川村よし子・クリスティナ・フメリヤク・寒川、Webコーパスを活用したレベル別例文検索システムの開発と評価、ヨーロッパ日本語教育、査読有、14号、2010、231-238。
8. 川村よし子、多言語版「チュウ太のweb辞書」を用いた語彙学習、ヨーロッパ日本語教育、査読有、14号、2010、249-256。
9. 野村愛・川村よし子、介護現場での実態調査を基にした介護語彙リスト作成—外国人介護士のための日本語学習支援を目指して—、査読無、日本語教育学会秋季大会予稿集、

2009、123-128。

10. 川村よし子、インターネットと日本語教育、日本語学、招待論文、28巻10号、2009、24-36。

[学会発表] (計 25 件)

1. 松田真希子・森篤嗣・川村よし子 庵功雄・山口昌也・山本和英、日本語深層格の自動抽出のためのコーパス開発、言語処理学会第18回年次大会、2012年3月13日-16日、広島市立大学。
2. 中村慶太・北村達也・川村よし子、検索エンジンを用いた主格省略文の自動判定、日本語教育方法研究会、2012年3月10日、国際基督教大学。
3. 三輪 譲二・川村よし子、「チュウ太の多言語版Web辞書」の利用状況調査報告、日本語教育方法研究会、2012年3月10日、国際基督教大学。
4. 川村よし子、Webを活用した日本語教育のための教材作成、スペイン日本語教師会(招待講演)、2012年2月11日、日本文化センター(スペイン)。
5. Maeda, Joyce、Feedback in Writing Instruction for International Graduate Students、Fourth Symposium on Writing Centers in Asia、2012年2月4日、National Graduate Institute for Policy Studies。
6. 川村よし子、自律学習支援としてのeラーニング—進化するチュウ太と活用事例—、シンポジウム「eラーニングが作る新しい日本語教育の姿」(招待講演)、2011年12月17日、筑波大学。
7. 川村よし子、日本語学習のためのインターネット活用術—自律学習で語彙力を高めるには—、第20回国際学術発表会(招待講演)、2011年12月10日、明知大(韓国)。
8. Maeda, Joyce、Writing Tasks for International Graduate Students、19th Annual KOTESOL2011 International Conference、2011年10月15-16日、Sookmyung Women's University(韓国)。
9. 川村よし子・野村愛・名藤杏子・金庭久美子・齊木美紀・北村達也、介護福祉士候補生のための国家試験に向けた教材の開発、日本教育工学会第27回全国大会、2011年9月18日、首都大学東京。
10. 三輪 譲二、クラウド環境の日本語書字教育支援システム、日本教育工学会第27回全国大会、2011年9月17日、首都大学東京。
11. 野村愛・川村よし子・金庭久美子・齊木美紀、単語難易度と出題頻度に配慮した介護福祉士候補生のための語彙リスト作成、日本語教育方法研究会、2011年9月10日、京都外国語大学。
12. Yoshiko Kawamura、Development of a Web based system for determining the level of sentence difficulty in Japanese language

texts、13th international conference of the EAJIS、2011年8月24-27日、Tallinn University (エストニア)。

13. 金庭久美子・川村よし子、ニュース文の特徴分析、世界日本語教育大会、2011年8月19-21日、天津外国語大学。

14. 内田聖也・北村達也・川村よし子、文章難易度に寄与する構文の自動検出、日本語教育学会春季大会、2011年5月22日、東京国際大学。

15. 水嶋博志・内田聖也・北村達也・川村よし子、学習者にとって難解な構文の自動検出、第36回日本語教育方法研究会、2011年3月26日、首都大学東京。

16. 野村愛・川村よし子、介護福祉士候補者の自律学習支援のための語彙リスト作成、日本語教育方法研究会、2011年3月26日、首都大学東京。

17. 川村よし子・前田ジョイス・保原麗・川村ヒサオ、文章の難易度判定システム構築のための基礎調査、第15回ヨーロッパ日本語教育シンポジウム、2010年8月26日、ブカレスト大学 (ルーマニア)。

18. 川村よし子、国際共同編集による介護専門辞書を組み入れた読解支援システム、日本語教育国際研究大会、2010年8月1日、国立政治大学 (台湾)。

19. 北村達也・川村よし子、日本語の教科書で使用される単語の逆文献頻度の分析、日本語教育国際研究大会、2010年7月30日、国立政治大学 (台湾)。

20. 川村よし子、チュウ太活用セミナー、外国人看護師・介護福祉士支援協議会、2010年7月2日、BIMA CONC.

21. 川村よし子・野村愛、介護のためのミニ辞書を組み入れた辞書ツールの開発、日本語教育方法研究会、2010年3月27日、東京農工大学。

22. 川村よし子、日本語教育に役立つ自律学習支援サイトの活用、タイ国日本語日本文化教師協会主催セミナー (招待講演)、2010年3月12日、日本文化センター (タイ)。

23. 川村よし子、日本語教育のためのインターネット活用術、カーディフ大学主催特別セミナー (招待講演)、2010年2月20日、カーディフ大学 (イギリス)。

24. 川村よし子、日本語教育と学習のためのインターネット活用術、西安大学主催特別セミナー、2009年11月2日、西安大学 (中国)。

25. 川村よし子・北村達也・富岡洋介、異なるコーパスを元に開発した単語レベル判定システムの比較運用実験、日本語教育方法研究会、2009年9月26日、弘前大学。

[図書] (計6件)

1. 川村よし子 (他 編集協力メンバー10名) やさしい日本語版 介護福祉士新カリキュ

ラム学習ワークブック①、静岡県、2011年、1-186。

2. 川村よし子 (他 編集協力メンバー10名) やさしい日本語版 介護福祉士新カリキュラム学習ワークブック②、静岡県、2011年、1-132。

3. 川村よし子 (他 編集協力メンバー10名) やさしい日本語版 介護福祉士新カリキュラム学習ワークブック③、静岡県、2011年、1-192。

4. 川村よし子 (他 編集協力メンバー10名) やさしい日本語版 介護福祉士新カリキュラム学習ワークブック④、静岡県、2011年、1-186。

5. 川村よし子 (他 編集協力メンバー10名) やさしい日本語版 介護福祉士新カリキュラム学習ワークブック⑤、静岡県、2011年、1-116。

6. 川村よし子、チュウ太の虎の巻ー日本語教育のためのインターネット活用術、くろしお出版、2009年、1-110。

[その他]

ホームページ

『リーディング・チュウ太』

<http://language.tiu.ac.jp>

『チュウ太のWeb辞書』

<http://chuta.jp>

『チュウ太のレベルチェッカー』

<http://basil.is.konan-u.ac.jp/chuta/level/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

川村 よし子 (KAWAMURA YOSHIKO)  
東京国際大学・言語コミュニケーション学部・教授  
研究者番号：40214704

### (2) 研究分担者

前田 ジョイス (MAEDA JOYCE)  
東京国際大学・経済学部・准教授  
研究者番号：90275800  
北村 達也 (KITAMURA TATSUYA)  
甲南大学・理工学部・准教授  
研究者番号：60293594  
三輪 譲二 (MIWA JOUJI)  
岩手大学・工学部・准教授  
研究者番号：60125664

### (3) 連携研究者

宇津呂 武仁 (UTSURO TAKEHITO)  
筑波大学・システム情報工学研究科(系)  
・准教授  
研究者番号：90263433