

多言語環境における専門知識伝達サービスの 開発および知識伝達レシピの考案

鈴木 宏^{1,a)} 菱山 玲子^{1,b)}

受付日 2016年8月4日, 採録日 2017年2月9日

概要: グローバル化が進み機械翻訳サービスの利用場面が増える一方, 現在の翻訳精度から生まれる誤訳などの影響により, 知識伝達の失敗リスクも増大している. そこで本研究では, 機械翻訳サービスを用いた母語の異なる学習者 (中国人) への専門知識の伝達効果に注目し, 学習者の理解度評価方法を考案するとともに, 機械翻訳を用いて知識伝達を行う際の効果的な伝達方法 (知識伝達レシピ) を提案する. 評価に向けて, 多言語チャットと専門用語コーパスを併用したシステムにより, 学習者への専門知識の授業と課題への解答, グループワークを課す実験を行い, 実験パターンごとの評価結果の比較を行った. 実験は知識提供者 (日本人) 1 名と学習者 3 名 (中国人または日本人) の 4 名 1 組で行い, 知識提供者による授業の後に学習者で知識共有となるグループワークを行う. 学習者を中国人のみ, 日本人のみ, 中国人 2 名に日本人 1 名を加えた計 3 パターンとして, グループを構成し実験を行ったところ, 専門知識の中でも基礎的な情報に関しては中国人のみのグループでも享受できていることが分かった. また, 知識提供者と同じ母国語の日本人学習者を集団に 1 名でも加えることで, 知識共有を経て他の中国人学習者の学習水準を向上させられることも分かった. これらの実験の評価結果と会話履歴の分析から, 機械翻訳を用いる際の効果的な知識伝達レシピを提案する.

キーワード: 多言語コミュニケーション, 機械翻訳サービス, 知識伝達, 言語グリッド

A Development of Expert Knowledge Transfer Services and Recipes in Multilingual Environment

HIROSHI SUZUKI^{1,a)} REIKO HISHIYAMA^{1,b)}

Received: August 4, 2016, Accepted: February 9, 2017

Abstract: Due to globalization, there is an increase in not only the use of machine translation service but also in the risk of failure to transfer. To overcome this risk, this research focused on transmission effect of teaching a technical knowledge to learners having different tongue (Chinese) by using machine translation service and conducted twelve experiments simulating classes and tasks with using the way of evaluating learner's understanding considered. Finally this research propose the method of effective knowledge transmission with using machine translation. The participants were consisted of one teacher (Japanese) and three learners (Chinese or Japanese) and there were three patterns of the experiment where groups consisted of all Chinese, all Japanese, and a set of two Chinese and one Japanese. As a result, it was proved that Chinese learners understand basic information and if there is one Japanese learner, Chinese learners can improve their level of understanding by sharing knowledge with a Japanese participant. From various experiments' data, this paper proposed a method of effective transfer (a knowledge transfer recipe) when using machine translation to handle technical knowledge.

Keywords: multilingual communication, machine translation, knowledge transfer, language grid

¹ 早稲田大学理工学術院
Faculty of Science and Engineering, Waseda University, Shinjuku, Tokyo 169-8555, Japan

^{a)} hiroshisuzuki@fuji.waseda.jp

^{b)} reiko@waseda.jp

1. はじめに

グローバル化が進み、ビジネスや学問などの様々な領域で各国固有の専門知識、技能やノウハウ、文化の情報を他国の人々に伝達する、ないし、各国の人々が専門知識を共有する機会が増大している。同時に、情報化社会の進展とともに ICT 技術が技能・知識伝承や共有といった知的活動で用いられる場面も増えている。

グローバル環境での知識伝達や知識共有では、機械翻訳サービスの利用場面も増えることが予想されるが、一方で、現状では必ずしも十分な翻訳精度が保証されない機械翻訳サービスを用いた知識伝達コミュニケーションでは、知識が誤まって伝達されたり、伝達すべき知識が欠落したりするといった知識伝達の失敗リスクも増大する。そこで本研究では、こうした知識伝達における失敗リスク低減のための、利用者からの適応的アプローチを検討する。具体的には、機械翻訳サービスを用いた多言語チャットと専門用語コーパスを併用した多言語知識伝達システムにより専門知識の知識伝達実験を行い、実験から得られたデータ、ならびに知識を学び取る側の理解度評価を行った結果を分析し、機械翻訳サービスを利用した知識伝達においてどのような伝達方法が正確かつ効果的かを明らかにする。

本論文の構成は、次のとおりである。続く 2 章では知識伝達サービスの特徴と課題を示し、3 章では多言語環境で機械翻訳サービスを用いて情報伝達を行っている一連の研究を説明し、本研究の位置づけを明らかにする。4 章では、本研究の実験内容について述べ、5 章では実験結果を報告する。6 章では 5 章の実験結果を考察し、機械翻訳サービスを用いた専門知識の効果的な伝達方法を明らかにする。最後に、結論として本研究のまとめと今後の課題を述べる。

2. 知識伝達サービスの特徴と課題

本研究では、知識を提供する側を知識提供者（以下、知識提供者、ないし、提供者とする）とし、知識を享受する側を知識享受者（以下、学習者とする）とし、母語が異なる知識提供者から学習者への専門知識を含む知識伝達の効果を扱う。Szulanski [1] は、知識伝達プロセスの管理方法や知識伝達を支援するための組織的なメカニズムデザインが円滑な知識伝達に重要であることを指摘している。一方、機械翻訳サービスを介したコミュニケーションにより知識が伝達される過程では、同言語ないし多言語のコミュニケーションが混在し、組織の言語環境の違いにより知識伝達の効果が異なることが予測される。また、多言語サービスによる支援や介入の在り方もより複雑になり、組織の言語環境に最も適した介入を行う必要が生じる。さらに、組織の中に伝達される知識は単一で断片的かつ独立に扱える知識ばかりではなく、知識が相互に関連づけられているケースや専門性の高い知識を含むケースを想定しておかな

ければならない。ここで想定される典型的な知識伝達の場面とは、企業活動における業務フローや工程・作業手順の説明などが該当する。本研究で扱う知識の詳細は、4 章で述べる。稲葉ら [2] は、現時点での機械翻訳サービスの翻訳精度について、翻訳精度の向上を待つだけではなく、それ以外の支援方法を考案することも重要と指摘している。したがって、機械翻訳サービス利用者側の適応として、正確かつ効果的に知識伝達を行う方法を考案することも必要である。本研究は、こうしたより実用的な場면을想定した知識伝達の品質向上を目的としている。すなわち、本研究で扱う課題は以下にまとめられる。

- (1) 知識提供者と学習者からなる組織が多言語環境であることを前提に、実用的な場면을想定しつつ機械翻訳サービスを利用した場合の知識伝達の効果について、利用者側の適応から明らかにする。
- (2) 知識を享受する側（学習者側）における組織学習の枠組みを組み合わせ、機械翻訳サービスによる知識伝達の正確性を最大化する方法を明らかにする。
- (3) 相互に関連づけられた複雑な知識や専門性の高い知識を共有するために効果的な方法を、具体的な機械翻訳サービスの利用方法として考案する。

以上の課題に取り組むため、本研究では多言語による専門知識伝達システムを用い、知識提供者から学習者への知識提供実験を行い、その効果を測定することとした。提供者は日本人 1 名とし、学習者は日本人ないし中国人からなる 3 名で集団パターンを構成する。3 名の集団パターンの詳細は 4 章で説明する。

3. 関連研究

多言語環境で実際に機械翻訳サービスを用いて知識や情報の伝達・共有を行っている事例として、YMC-Viet プロジェクト [3] があげられる。このプロジェクトの目的は日本からベトナムへの稲作知識支援であり、言語グリッド [4] の機械翻訳サービスを利用したシステムを用い、日本人専門家からの農業知識の共有や技術提供を行っている。Kita ら [5] はこの活動に対し、機械翻訳や人による翻訳作業、原文の書き換えなど、多言語コミュニケーションにおける情報伝達のための様々な手法を組み合わせ実践し、パターンごとの伝達効果の評価・分析を行っている。さらに、Otani ら [6] は、この活動におけるコミュニケーションログ、および、知識提供者側と学習者側双方に対するインタビュー結果を分析している。この研究では、知識提供者と学習者が所持する情報の相違から生じる状況認識差の存在を明らかにするとともに、その認識差を埋める方法としてコミュニケーションプロトコルの改善や学習者側のコミュニティ内での専門家の支援を提案している。これらの一連

の研究は、多言語環境での知識伝達における機械翻訳サービスの有効性を示すとともに、コミュニケーションを行う組織の在り方や機械翻訳サービスの改良の必要性を指摘している。これらの研究から、組織の在り方や翻訳サービスの違いが知識伝達の品質に与える影響を明らかにする必要がある。

一方、知識伝達と相互理解に焦点を当てて、伝達のための機械翻訳サービスの利用効果を実験室実験から調べたものとして、山下ら [7], [8] や稲葉ら [2] の研究が存在する。山下ら [7] は、Arendse ら [9] の機械翻訳システムに関するガイドラインをもとに定義した「良い翻訳結果を得るための書き換えルール」に従って、あらかじめ用意した原文に対する書き換え作業をタスクとして設定し、機械翻訳に対するユーザ適応とルールの使用効果の分析を行った。その結果、定義したルールをユーザに与えることで、母国語に関する知識が豊富でないユーザでも機械翻訳へ容易に適応できたことを報告している。こうした原文の書き換えレベルの研究は、機械翻訳サービスの利用において利用者の適応的アプローチの重要性を指摘するものである。また、山下ら [8] や稲葉ら [2] の研究は、相互理解に重要な参照表現としての対象指示コミュニケーションに焦点を当てている。これらの研究では、様々な伝達要素の中の参照表現に注目し、被験者である異言語ユーザにあらかじめ図形の形や並びといった一定の特徴ある情報を与えることで指示参照表現を調べるタスクを設定している。一方、本研究では専門知識伝達にかかわる様々な情報伝達行動の出現を想定している。つまり、機械翻訳サービスを介したより一般的な知識伝達の方法を探るタスクとして設定しており、文献 [8] や文献 [2] とは異なる情報環境を前提とし、知識提供者側と学習者側とで知識やスキルの差があり、事前の共有情報がない非対称性のある情報環境を想定している。

なお、前章で述べたように Szulanski ら [1] は、知識伝達を、行動やモデルとしてではなく伝達プロセスとして考えることの重要性を指摘したうえで、伝達する知識自体に加え、知識伝達プロセスの管理方法、知識伝達を支援するための組織的なメカニズムデザインを考えることの必要性に言及している。本研究は特に、企業などで一般的と考えられる専門用語や専門知識を含む情報環境を想定したタスクを設定している。そのうえで、実験から機械翻訳サービスの利用に適した多言語環境での組織メカニズムを考慮し、知識伝達の効果を高める実用的な方法の提案を目指している。この点で、すでに用意した書き換えルールの実践に関する文献 [7] や参照表現に注目した文献 [8], 文献 [2] とは位置付けが異なっている。

4. 実験

本研究では、多言語による専門知識伝達システムを用い、知識提供者から学習者への知識提供実験を行う。本章では、

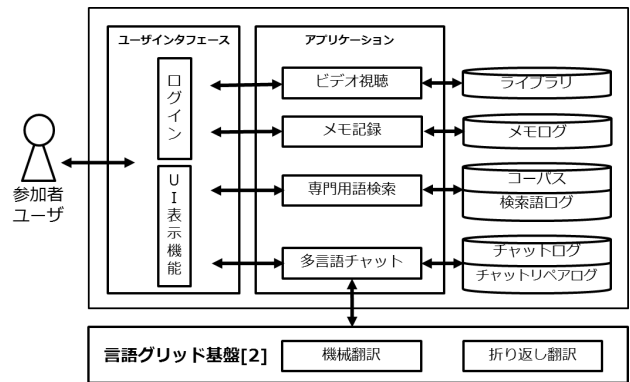


図 1 システム構成図

Fig. 1 System configuration diagram.

実験に用いた専門知識伝達サービスシステムを紹介したうえで、伝達対象とした知識の特性と実験手順を説明する。

4.1 専門知識伝達サービスシステム

実験で用いた専門知識伝達サービスのシステム構成を、図 1 に示す。本システムは、言語グリッド [4] 上の機械翻訳サービスを用いた多言語チャットシステムに、専門用語コーパスやメモ記録機能といった知識伝達と学習を行うために効果的と考えられる機能を追加したアプリケーションである。言語グリッドの接続には多言語工房 [10] を利用し、高電社の J-Server (機械翻訳 Web サービス) [11] による日中翻訳サービスを利用する。なお、本システムの多言語チャット部には翻訳リペア [12] 機能が付加されているが、翻訳リペア機能の利用は被験者の任意である。宮部ら [12] によれば、日本語入力から英語・中国語・韓国語への文の翻訳リペアを複数回行った結果、全体の 65% の文の平均翻訳精度を意味伝達可能なレベルまで改善することができたことが報告されており、被験者が有効に利用すれば翻訳精度の向上が得られる可能性がある。

システムのユーザーインターフェースを図 2 に示す。ユーザーインターフェースは 4 パートに分かれており、画面左が専門用語コーパス部、中央が多言語チャット部、画面右上が知識提供者専用でビデオにより専門知識を学ぶ部分、右下が各自でメモを記録し表示させる部分である。実験で扱う専門知識は「日本酒の造り方」とし、専門用語コーパスはそれに対応して、あらかじめ意味の検索が予想される専門用語 20 個を抽出し、その用語説明を含む日中多言語コーパスとして作成した。

4.2 実験で扱う専門知識の特性

専門知識とは、「その分野を深く知り尽くしていないと分からないような物事の知識」[13] と定義されており、具体的には法律問題に対する解釈と取扱いの重要性に対する知識や、先端的な医療技術や航空機エンジンの燃焼のメカニズムなどを例としてあげることができる。一般的に、知

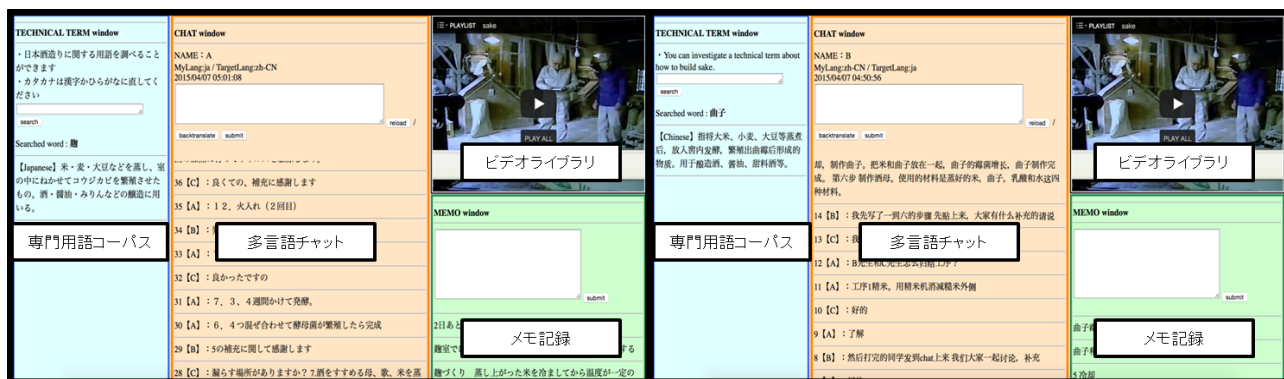


図 2 システム・インタフェース（左：日本語表示，右：簡体字表示）

Fig. 2 System interface (Left: Japanese, Right: Simplified Chinese Character).

識は手続き的知識と宣言的知識に分類され [14]，手続き的とは，「たとえば $Z := X + Y$ という代入文は手続き的表現の一種であり， X と Y から Z へ情報を流すことの指令」[15] のことで，情報の流れを決められた構造で限定している表現のことを指す [15]．一方，宣言的とは，「たとえば $X + Y = Z$ というのは宣言的表現の一種だが，これは， X と Z の値が与えられて Y の値を求めたり， X と Y の値が与えられて Z の値を求めたりする多様な情報の流れを許容」[15] しており，「知識の具体的な運用の仕方を限定しない」[15] 表現のことを指す。

ビジネスなどの実用的な場面では，宣言的知識と比較して手続き的知識が頻繁に用いられると想定し，本実験では手続き的知識を扱う。「日本酒の造り方」は，古来より伝統的に確立された不可逆的な作業工程を含む知識であることから，この手続き的知識の典型と位置付けられる．こうした手続き的知識を伝達する範囲において，本研究で得られる成果が一般化可能なものとなるよう実験を設計した。

4.3 実験手順

実験の手順は以下のとおりである。

- (1) 最初に，知識提供者 1 名が，「日本酒の造り方」を説明したビデオを，実験システム画面上のビデオライブラリにて再生し，学習者に教える知識を学ぶ．ビデオは合計 2 回再生し，その間自由にメモをとることができる．また，1 回目のビデオ再生が終了した段階で補足資料を配布する．学習者に教える際にはメモや補足資料を参照できるが，ビデオは再生することができない．
- (2) 知識提供者の学習後，学習者 3 名を参加させ，提供者から 3 名への学習者への知識伝達を行う．伝達は，多言語チャットをはじめとした実験システムの諸機能を用いて遠隔環境で行う（本過程を，知識提供過程とする）．知識提供のための時間は 40 分間とし，この間，学習者は提供者へ質問でき，専門用語コーパス（日中多言語コーパス）やメモ記録の使用が可能である．質

浸漬



米を蒸す



図 3 工程並べ替え問題で使用するカード例

Fig. 3 Examples of cards using in Sequencing Problem.

疑応答も同じチャット画面上で学習者グループ全体に共有される．学習者 3 名が日本人の場合は機械翻訳を用いず日本語でチャットを行う．なお，知識提供者が間違った内容を教えるリスクを考慮し，ビデオで学ぶ際に各自でとったメモと，ビデオの内容を詳細に反映した補足資料を随時参照可能とし，学んだ知識と伝達すべき情報との照合を可能としている．

- (3) 知識伝達の終了後，知識提供者はシステムからログアウトし，アンケートに回答して実験から退席する．学習者は各自で記録したメモ記録部や，提供者からの教示履歴を参照しながら復習を 3 分間行う．
- (4) 復習後，学習者は知識提供によって学んだ「日本酒の造り方」に関する問題に解答する．これは，基本的な知識の理解度を把握するための「工程並べ替え問題」である．「工程並べ替え問題」とは，日本酒造りの代表的な 12 の工程の名称と写真をプリントしたカード（図 3）を，正しい順序に並べ替えるものである．工程並べ替え問題に解答する際，学習者はチャット画面や学習用に記録したメモなど，何も参照できない状態で解答する．
- (5) その後，学習者のみで，遠隔でのグループワーク（チャット）に取り組む．グループワークの課題は「日本酒の造り方を，それを知らない第三者になるべく詳細に教えろ」としたときの説明文をグループで 1 つ，中国語文で作成せよ」というものであり，成果物となる説明文の完成後，各学習者が取得した情報が漏れなく含まれ

ているか確認をしたうえで、多言語チャットに完成版を投稿し、グループワークを終了する。グループワーク中は知識提供者によるチャットログは閲覧できない。学習者は知識提供者からの知識伝達段階で各自がとったメモを参照し、グループワークに取り組む^{*1,*2}このとき、日本人と中国人がいるグループでは、中国人がグループでのチャット内容から説明文を編集し投稿するものとする。このグループワークのアウトプットとなる説明文も理解度評価、および、知識伝達による伝達効果の評価対象とする。また、このグループワークは情報共有の場にもなっており、先に解いた並べ替え問題の正解情報が開示されることはなく、情報は学習者の各々が享受した知識を集合知として統合した範囲内で共有される(本過程を、知識共有確認過程とする)。

(6) グループワーク後、学習者は再び並べ替え問題に解答する。最後に内容に関する質問とアンケートに回答後、実験終了となる。

学習者3名による実験のための集団パターンは、中国人3名による実験、日本人3名による実験、中国人2名に日本人1名を混在させた集団で行う実験の3パターンである。各構成による実験は4回ずつ行い、計12回実施した(被験者総数は48名)。知識提供者は各回異なる日本人1名である。各実験パターンについて、次章で提案する理解度評価方法による結果比較を行うとともに、多言語チャットログから提供者の知識伝達方法を分析することで、機械翻訳サービスを用いる際の正確かつ効果的な伝達方法を考察する。

5. 実験結果

5.1 誤訳を感じた割合

まず初めに、直感的な日中間の翻訳精度として、多言語環境下で実験に参加した被験者が、機械翻訳を用いたコミュニケーションにおいて誤訳を感じた割合^{*3}の構成を図4で示す。ここでは、日本人の知識提供者と日本人の学習者、中国人の学習者の3種の役割でそれぞれ示す。日本人の知識提供者は、学習者グループが中国人3名、または日本人1名と中国人2名のグループに対する知識提供過程で機械翻訳を利用した際に感じた誤訳の程度について回答をしている。また、日本人の学習者は自らが含まれる学習者グループが日本人1名と中国人2名の際に参加した被

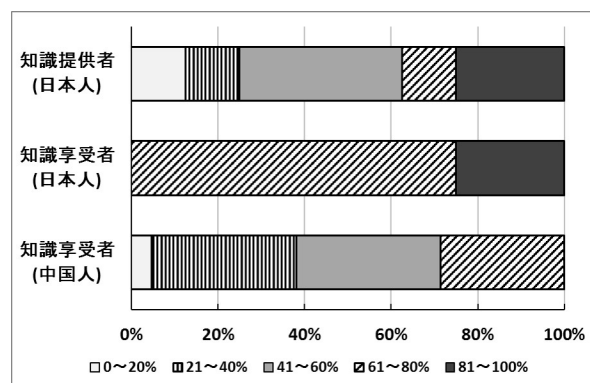


図4 誤訳を感じた割合(国・役割別)

Fig. 4 Ratio of subject's feeling mistranslation by country and role.

験者であり、知識提供過程と知識共有確認過程で他の中国人学習者とコミュニケーションをする際に感じた誤訳について回答している。図より、中国人よりも日本人の方が相対的に誤訳を感じる割合が高いことが分かるが、中国人の割合を見ても半数近くの人々が40%以上の誤訳を感じていることから、専門知識の提供を行う本実験では被験者の国籍に関係なく誤訳を感じた割合が大きいといえる。この点で、多言語環境での翻訳精度に起因するユーザ適応の問題を検討することの意義を見い出すことができる。

また、知識提供者(日本人)よりも学習者(日本人)の方が誤訳を感じた割合が高い理由として、知識提供者は学習者に対し情報を提供するという一方向型の情報伝達(中国人学習者からの質問としての発話よりも自らが発話する数の方が多い)が主なのに対し、学習者はその後のグループワークにおいて、中国人の学習者と機械翻訳を用いて対等(自らの発言数と同様の数の発話を中国人から受け取る)な情報伝達を行いグループワークを完成させることが主であるため、中国人からの発話を受け取る機会数の差からこのような結果になったと考えられる。

5.2 基礎的な知識の理解度

学習者の基礎的な知識の理解度調査に用いた工程並べ替え問題のグループのパターン別の平均正答率(%)を図5に示す。1回目は知識提供者による提供後、2回目は情報共有としてのグループワーク後に、各学習者から解答を得たものである。

図5より、情報共有となるグループワーク前に比べ、グループワーク後は主に順序が誤っていた部分が修正されるなどして、いずれのパターンにおいても正答率が80%以上まで向上したことが分かる。また、1回目と2回目の各パターンごとの正答率に大きな違いは見られず、情報共有プロセスとしては、どの実験においても初めの工程から順番に皆で詳細な情報も含め確認しながら共有を行っていることが観察された。

^{*1} 学習者にはあらかじめ、グループワークに移行すると知識提供者のチャットログが参照できなくなることを伝えており、新たな情報に触れた際はメモに逐一記録するように指示を与えている。

^{*2} 説明文は中国語で作成、投稿されるようにルールとした。しかしながら、日1中2のグループでは、日本人は中国人が作成した説明文に対する修正を作成途中も含め機械翻訳を介し行うことができる。最終的に、中国人が日本人による修正文(機械翻訳後)を流暢な中国語に書き換える。

^{*3} アンケート調査により得られたデータである。

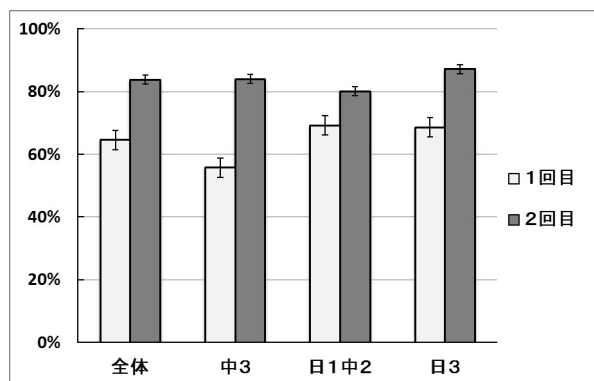


図 5 並べ替え問題正答率 (パターン別)

Fig. 5 Ratio of positive answer of Sequencing Problem by group's pattern.

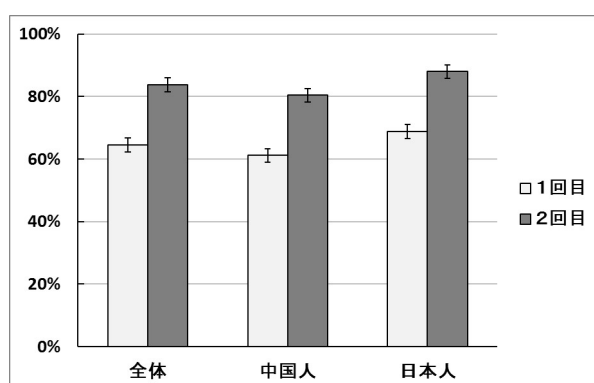


図 6 並べ替え問題正答率 (国別)

Fig. 6 Ratio of positive answer of Sequencing Problem by country.

次に、全学習者を日本人と中国人の国別に分けたときの平均正答率 (%) を図 6 に示す。

図 6 より、中国人でも 1 回目で 60% の正解率を残し、グループワークによる情報共有後には 80% まで伸ばすことができ、1 回目と 2 回目ともに日本人と比べても正答率に大きな違いは見られなかった (t 検定: $p > 0.05$)。以上より、基礎的な知識に関しては中国人のみの場合でも知識提供者からの知識提供過程において内容をある程度享受できており、彼らで情報共有を行うことで 80% 程度まで正答率を上げることができるといえる。

ここで、さらに中国人について、グループワークが同言語環境である中国人 3 名のパターンと多言語環境である中国人 2 名に日本人 1 名を加えたパターンでの正答率を比較するため、図 7 を示す。

図 7 より、同言語環境である中国人 3 名で情報共有を行う方がグループワークによる正答率の向上が高い傾向にあり、両者の向上の割合に差が確認できたことが分かる (t 検定: $p < 0.05$)。このようになった理由として、日本人が入らないことにより多言語環境にならず (中国語のみでコミュニケーションが行われ)、翻訳精度に関する配慮を行う必要がないため、その分情報共有を円滑に行えたこと

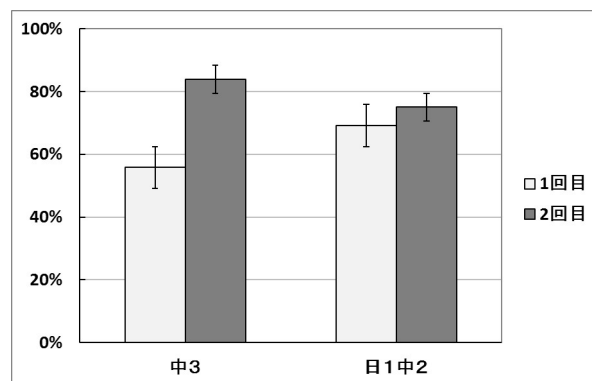


図 7 中国人の並べ替え問題正答率 (実験パターン別)

Fig. 7 Chinese's ratio of positive answer of Sequencing Problem by group's pattern.

表 1 中 3 での各学習者の並べ替え問題正答率 (単位: %)

Table 1 Each Chinese's ratio of positive answer of Sequencing problem in the group of three Chinese.

Group2	1 回目	2 回目	Group4	1 回目	2 回目
A	15.4	38.5	A	61.5	100.0
B	53.8	100.0	B	76.9	100.0
C	23.1	100.0	C	15.4	100.0
平均	30.8	79.5	平均	51.3	100.0
Group7	1 回目	2 回目	Group11	1 回目	2 回目
A	100.0	100.0	A	61.5	76.9
B	61.5	76.9	B	76.9	76.9
C	46.2	61.5	C	76.9	76.9
平均	69.2	79.5	平均	71.8	76.9

が考えられる。具体的に各グループ内でどのように正答率が上昇しているのかを見るため、中国人 3 名のパターン (Group2, 4, 7, 11) での各学習者 (A, B, C) の並べ替え問題正答率 (%) を表 1 に示す。

表 1 より、正答率の伸びについて、「1 回目の成績が 3 名とも振るわなくても、2 回目で正答率が伸びる」場合と、「1 回目において正答率が高い学習者が周囲に影響を与えることにより、2 回目で全体的に向上する」場合の 2 パターンがあったことが分かる。中国人学習者は機械翻訳を介して日本人の知識提供者から教示を受けるため、多言語チャットにおける誤訳の発生時は、読み手である各学習者によって認識や理解に差が生まれると考えられる。「1 回目の成績が 3 名とも振るわなくても、2 回目で正答率が伸びる」場合は、学習者それぞれが異なる部分で正しい情報と間違った情報を持ち合わせており、それらをグループワークの際に互いに共有し合うことでスコアが伸びたと考えられる。また、「1 回目において正答率が高い学習者が周囲に影響を与えることにより、2 回目で全体的に向上する」場合は、理解が進んでいる人物が主体的に周りに情報を提供することで、そうでない学習者の正答率を向上させたと考えられる。

工程並べ替え問題は先に示したとおり、日本酒造りに不可欠な各工程の順序を解答するもので、知識提供者から伝

表 2 説明文の採点基準

Table 2 Marking standard of explanation.

語句	加点数（寡少の間違ひのとき）
日本酒造りに重要な各工程をいえている	1 語に付き 3 点（2 点）
工程ごとに詳細説明をする文言を含んでいる	1 語に付き 2 点（1 点）

達される知識の中でも骨格をなすものと考えることができる。実験の結果、中国人のみの学習者グループでも最終的に 80%以上の正答率を平均的に達成できるまでに学習できていることが確認できた。一方、知識提供者から伝達される情報には各工程の順序だけでなく、具体的にその工程内でどのような作業や材料が用いられているのかなどの付加的かつ詳細な情報も含まれており、工程並べ替え問題はそれらの理解度をカバーしていない。つまり、知識の骨格となる基礎的な知識に対する理解度は高くても、詳細な情報・知識に関しては理解できていないことも想定される。基礎的な情報である工程とその順序に加え、このような工程並べ替え問題でカバーできていない付加的かつ詳細な情報をどの程度学習できているのかを、「伝達知識全体に対する理解度」として調べた。この結果について、次節以降に示す。

5.3 伝達知識全体に対する理解度

前述の工程並べ替え問題で扱った基礎的な知識に、詳細な情報も加えた伝達対象知識全体に対する理解度を評価するため、提供者が知識提供過程で提供した知識に対し、学習者がグループでどれほど学習できているかを定量化し「学習度」として定める。

ここで「学習度」の値は、グループワークのアウトプットである学習者による「日本酒の造り方」の説明文を独自に考案した採点基準に基づいて採点したものと、知識提供者が知識伝達過程で学習者に教えているときのチャットログを同基準で採点したものの商（割合）で定義され、知識提供者それぞれの理解度のもと、それらに対しどの程度の内容を各学習者グループに伝達できたかを算出する。この採点において中国語で書かれた説明文は日中バイリンガルに翻訳を依頼し、日本語へ翻訳したものをを用いて採点した。ここで以下に考案した採点基準を表 2 で示す。

この採点基準において、前述の工程並べ替え問題は伝達知識に対する基礎的な理解度を調査する指標であるのに対し、本指標はそれらを理解したうえで成り立つ各工程ごとの詳細な情報の取得が個々にどれほどできているかを調査することを目的としているため、加条件に工程並べ替え問題でも調査対象として扱う基礎的な知識（“日本酒造りに重要な各工程をいえている”）の存在も含んでいる。以上を用い算出した学習度（%）を、実験パターンごとに示す。（図 8）。

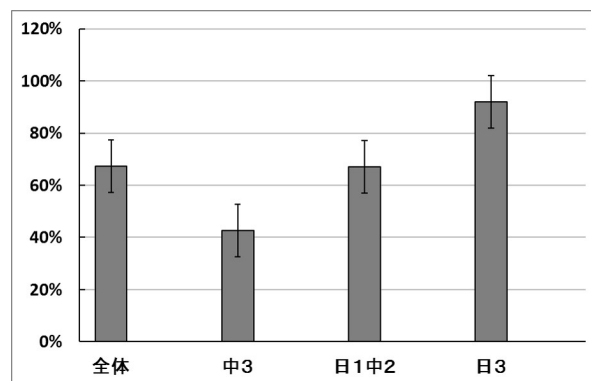


図 8 知識伝達に対する学習度（パターン別）

Fig. 8 Learning degree for knowledge transmission by group's pattern.

図 8 より、中国人 3 名よりも日本人 1 名と中国人 2 名のパターンの方が学習度の値が高く、そのパターンよりも日本人 3 名の方がさらに高くなるという結果になり、学習者のグループ構成の学習度に対する効果は有意であった（分散分析： $F(2,9) = 16.671$, $p < 0.01$ ）。したがって、知識提供者と母国語の異なる、中国人 3 名を学習者とする実験では、母国語が同じ日本人 3 名の場合と比べると知識内容全体を対象とした学習度に大きな差が存在していることが分かる。

しかし、ここで中国人 3 名のパターンよりも日本人 1 名と中国人 2 名のパターンの方が学習度が高いことに注目すると、知識提供者と母国語が異なる学習者の集団に母国語が同じ学習者を 1 名でも加えることで、グループとして学習できる知識範囲の向上を図れることが明らかになった。工程並べ替え問題は、先に示したように日本酒造りに重要な各工程を問うもので、グループワークにおける情報共有では中国人 3 名のパターンの方が多言語環境にならないなどの理由から効果が高かった。したがって、中国人 3 名でも工程の順序情報については機械翻訳を介してもある程度取得することができていたことが確認できた。一方、工程並べ替え問題では扱っていない、各工程での具体的な作業内容や材料といった、詳細な情報も加えた総合的な知識提供者による教示情報をどの程度学習できているか評価した「学習度」においては、機械翻訳による誤訳の影響から詳細な情報を中国人 3 名では取得することが難しく、グループに日本人 1 名を混在させる方が学習度を向上させることができるという結果を得た。

5.4 効果的な教事例

機械翻訳サービスを用いた専門知識伝達を行う際の効果的な伝達方法について考察する。ここで知識伝達全体に対する理解度として、学習度のグループ別の結果を図 9 に示す。

図 9 の横軸のグループ番号は実験を実施した順に振られ

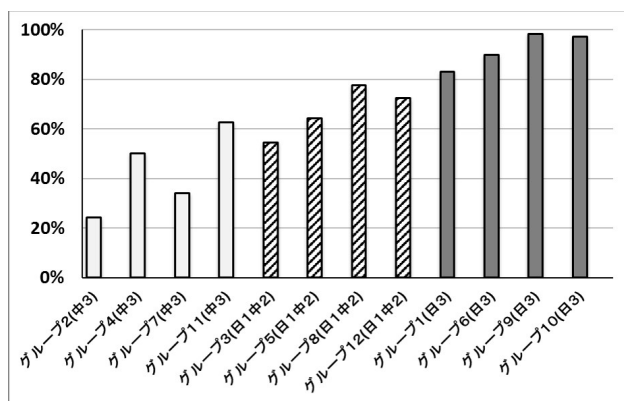


図9 知識伝達に対する学習度（グループ別）

Fig. 9 Learning degree for knowledge transmission of each group.

ており、図9ではそれらを実験パターンごとにまとめて並べている。図9より、中国人に効果的に教えているグループとしてグループ11, 8, 12に注目し、実験で行われた知識提供者による知識伝達過程でのチャットログの一例を原語スレッドおよび翻訳スレッド[16]*4で示す。この際、いずれの会話履歴にも学習者からの質問に関するやりとりが含まれていないが、実際には各グループにおいて質問は存在した。

● グループ11

表3*5に、グループ11の原語スレッドと翻訳スレッドを示す。グループ11は日本人の知識提供者に対し、学習者を中国人3名とする実験パターンである。

知識提供者は知識伝達を行う流れとして、はじめに「日本酒の造り方」について最初の工程から最後の工程までの一連の流れを簡単に紹介し、その後各工程に関して詳細に説明を加えている。このとき、一連の流れを紹介するときの知識伝達方法において、工程名を“[]”の記号で囲み、順序を表すときには“→”の記号を用いて工程を並べている。この部分の機械翻訳文を見てみると、これらの記号は機械翻訳を経て形を変えず、“[]”は引き続き中国語に翻訳された工程名を囲み、それらを“→”が原文と同様につないでおり、それが翻訳スレッドにも反映されている。また、紹介した工程を詳細に説明する段階において、“～は”や“～とは”といった表現をするために“=”の記号を用い工

表3 グループ11の知識伝達例

Table 3 Group 11's example of knowledge transmission.

原語スレッド	翻訳スレッド
「米を洗う」→「浸漬」→「米を蒸す」	「洗米を蒸す」→「浸漬」→「米」
「麴作り」→「酒母作り」→「仕込み」→「搾り・ろ過」→	「麴の制作」→「酒母制作」→「訓練」→「搾る・ろ過」
「火入れ（1回目）」→「熟成」→「調合・加水」→「火入れ（2回目）」→日本酒の完成です	「ファイヤポット（1回）」→「成熟」→「調合・加水」→「ファイヤポット（2回）」→日本酒の完成
「浸漬」＝米に吸水させること	「浸漬」＝コメの吸水
「米を蒸す」＝1時間米を蒸します	「米を蒸す」＝一時間米
「麴作り」＝米に麴菌をかけ米のでんぷんを糖化させます	「麴の制作」＝コメの上に麴菌を掛けるコメのでんぷんを糖化する
「酒母作り」＝麴、蒸し米、乳酸、水を混ぜ酒母を作ります	「酒母の制作」＝麴、蒸し混ぜ米、乳酸、水が酒母を作る
「仕込み」＝酵母、麴、蒸し米、水を4日間で3回に分けて混ぜると『もろみ』ができます糖化と発酵を同時に行う＝並行複発酵	「教育」＝酵母、麴、蒸し米、水4日で3回に分け混ぜると、「ろ過していない酒」も同時に糖化と発酵が進行する＝並行複式発酵
「搾り・ろ過」＝『もろみ』を木綿袋で搾り、ろ過します	木綿袋を使い絞る「ろ過」＝「ろ過をしていない酒」、ろ過
「火入れ（1回目）」＝搾った上澄みを加熱殺菌します	加熱殺菌「ファイヤポット（1回）」＝絞った上澄みの部分
「熟成」＝半年間タンクで熟成させます	「成熟」＝半年タンクで熟成にさせる
「調合・加水」＝品質の異なるタンク内の酒を調合しアルコール濃度を水で調整します	調合「調合・加水」＝質が異なるタンク内の酒を水を用いてアルコール濃度を調整する
「火入れ（2回目）」＝調合し加水した酒を加熱殺菌します	「ファイヤポット（2回）」＝調合加熱殺菌加水下の酒

程名と説明文をつないでいる。この“＝”も、一部の翻訳結果では位置が変わっているものの、変わっていない発話では原語スレッドと同じ意味がある程度伝わっていることが分かる。

● グループ8

グループ11と同様に、表4にグループ8の知識伝達でのチャットログの一例を示す。グループ8は日本人の知識提供者に対し、中国人2名と日本人1名を学習者としたパターンである。

初めに、「全部で12の工程を説明します」というように、工程が全部でいくつあるのか数字で紹介している。学習者には事前に共有されている情報がいっさいないため、これから学習する知識の情報量を事前に推測することは難しいと考えられる。その点で、初めに日本酒造りの工程がいくつあるのか知ることによって、学習を進めながら現在どの程度まで工程の学習が

*4 原語スレッドとは、多言語チャットでのコミュニケーションで実際に発話された日本語文であり、知識提供者が発した文章を原文のまま扱う。つまり、母国語を日本語としてシステムを利用するとき、チャット画面に表示されるものと同じものである。翻訳スレッドとは、母国語を中国語としたときにシステムに表示されるチャット内容を、日本語に翻訳したものである。つまり、機械翻訳を介して中国語に翻訳された知識提供者による発話を、中日バイリンガルにより日本語に翻訳し直したものである。

*5 表中の「仕込み（日本語）」が機械翻訳により「教育（簡体字）」に翻訳されていた。教育（簡体字）には「訓練」や「仕立てる」といった「仕込み」にニュアンスが似た意味があるため、このように翻訳されたと考えられる。

表 4 グループ 8 の知識伝達例

Table 4 Group 8's example of knowledge transmission.

原語スレッド	翻訳スレッド
全部で 12 の工程を説明します.	すべてで 12 工程.
1 精米	1 精米
日本酒の原料は玄米です.	日本酒の原料は玄米です.
機械を使って、玄米の一番外側の皮を取り除きます.	機械を使い、玄米の一号外側の皮を除去します.
なぜなら、玄米の外側の皮には脂肪とタンパク質が含まれており、それらは日本酒の味を損ねてしまうからです.	原因は、玄米の外側の皮は脂肪やたんぱく質が含まれており、日本酒の味を害しているから.
2 米を洗う	洗う 2 米
精米が済んだお米を水で洗います.	水で精米の終わった米を洗う.
3 浸漬	3 浸漬
洗ったお米を水に浸し、吸水させます.	洗った米を水に浸し、水を吸収させる.
4 米を蒸す	蒸 4 米
水に浸したお米を「こしき」の中に入れ、「1 時間」蒸します.	水に浸した米を「越過來」に入れ、「一時間」蒸す.
蒸したお米は、後の工程で使います.	蒸した米は、後の工程で使います.
5 麴（こうじ）作り	5 麴の制作
蒸したお米を、「麴室（こうじむしろ）」に運びます.	「麴室」へ行き、蒸した米を運送する.
6 酒母作り	6 酒母の制作
麴、蒸し米、乳酸、水を 1 つの鍋に入れて配合します	麴、蒸した米、乳酸、水を 1 つの鍋に入れて配合します
ここでは、「酵母」を増殖させて、「酒母」をつくります.	ここで、「酵母」を増殖させて、「酒母」を作ります.

全体に対して進んでいるのか推測しながら学習できるという点で、初めに大まかな情報量を伝達することは有効であると考えられる。

知識伝達の具体的な流れとして、グループ 11 では初めに全工程をひととおり紹介し、その後各工程を詳細に説明しているのに対し、ここでは初めの工程から 1 工程ずつ順に詳細な説明をしている。

チャットの投稿方法として、各工程の説明の際にまず工程の名称を英数字を付与して投稿し、次の投稿で工程に関する詳細な説明を行っていた。この際、工程の情報量が多くなる際には複数の投稿に分けることにより、1 回の投稿をなるべくシンプルな 1 文で投稿しようとしていることが分かる。

ここで翻訳スレッドを見てみると、一部に対しては誤訳が発生しているが、工程ごとの説明をする投稿はシンプルな文章が多く、それらは多くの投稿で意味がある程度伝わっていることが分かる。数字を使うという表現に対し中国人に答えてもらったアンケートでは、「数字を使うことで理解しやすかった」といった

表 5 グループ 12 の知識伝達例

Table 5 Group 12's example of knowledge transmission.

原語スレッド	翻訳スレッド
工程 1 精米 玄米の外側を精米機で削ります	精米機で除去する工程 1 精米麴米外側
酒の味を損ねる微生物や、脂肪、たんぱく質を除去します	酒の味を害する微生物、脂肪、タンパク質を除去する
工程 2 米を洗う	洗う工程 2 米
工程 3 浸漬 米を水に浸して吸水させます	工程 3 の米を水の中に浸し吸水させる
工程 4 米を蒸す 「こしき」という機械で 1 時間ほど蒸します.	工程 4 米を蒸す「腰束」の機械を用いて一時間熟する.
蒸しあがった米は、このあといくつかの工程に分けて使用されます.	蒸した米は、この後の工程で使われます.
工程 5 麴作り 蒸しあがった米を冷ましてから温度が一定の麴室に入れます.	工程 5 麴政策蒸した米を冷却した後、温度が一定の麴室に入れます.
麴室では、蒸した米と粉状の麴菌を混ぜて 2 日間放置します.	麴室は粉の麴菌と蒸した米と一緒に混ぜて 2 日間放置します.
2 日後に、麴カビが成長したら、麴の完成です.	2 日後、もしも麴カビが増えていたら、麴の完成です.
工程 6 酒母作り 蒸した米からもう 1 つ作られるのが、酒母です. これは酵母菌を大量に増殖させたものです.	工程 6 酒母制作蒸した米がさらに作るのは 1 つ、酒母. これは酵母菌を増殖させる.
酒母の材料は、蒸した米、麴、乳酸、水の 4 つです.	酒母の材料は蒸した米、麴、乳酸、水の 4 つ.
4 つを混ぜ合わせて、酵母菌が増殖したら完成です.	もしも 4 つを混ぜたら、酵母菌は増殖完成です.
乳酸を入れるのは、雑菌の繁殖を防ぐためです.	入れるのは乳酸、雑菌の繁殖を抑えるために.
工程 7 仕込み 酒母、麴、蒸し米、水をタンクに入れます. 4 日間で 3 回に分けて入れます.	工程 7 訓練 酒母、麴、蒸した米、水をタンクに入れる. 4 日 3 回に分けて入れる.
このとき麴が、米のデンプンを糖に変えます.	このとき麴が、米のでんぷんが糖に変わります.

有効性を示すコメントが得られた。

● グループ 12

表 5 にグループ 12 のチャットログの一例を示す。グループ 12 は日本人の知識提供者に対し、中国人 2 名と日本人 1 名を学習者としたパターンである。

知識伝達の順序としては、グループ 8 と同様に初めから 1 工程ずつ順に詳細な説明を行っている。知識伝達文の投稿方法として、こちらは順番を表すために英数字を付けた工程の紹介と詳細な説明をスペースを間に入れて同時に行っている。しかし、翻訳結果を見てみると、スペースは認識されず工程名と説明が詰まった状態になる発話がいくつか見られた。翻訳スレッド

を見ると、ある程度原文と同じように意味が通っているものもあるが、なかには誤訳を引き起こしている発話も数個見られた。したがって、工程の名称と説明を一度に行う場合は、“=”などの記号を扱うほうが良いと考えられる。

● グループワークでの会話方法

グループ8とグループ12はいずれも、中国人2名と日本人1名を学習者グループとした実験である。前述したように、知識提供者と母国語が異なる中国人2名に同じ母国語である日本人を加えると、日本人が中国人に足りない情報を共有することで中国人のみの場合よりも学習度の値（グループでの学習範囲）が大きくなるという知見が得られている。そこで、同パターンで行われた各実験のグループワークのチャットログを比較してみると、グループ8とグループ12のいずれにおいても日本人と中国人が双方で英数字を用いながら工程に番号を付け会話を行っていた。日本人にとっては中国人に知識が不足していると思える工程の追加説明を行う際に英数字を利用し、中国人はあまり学べなかった工程について日本人に質問する際に英数字を用いる。これにより、互いにどの工程について会話をしているのか容易に知ることができ、それが知識伝達の正確性の向上に有効だったと考えられる。

このような動きはグループ5のグループワークでも見られ、このパターンの中で最も学習度の低いグループ3のグループワークでは、3番目の工程の議論まで数字を用いていたが、その後は用いられなくなり、中盤の工程で一度だけ用いられただけであった。

6. 考察

6.1 各グループ事例のまとめ

本実験の参加者は、いずれも過去に機械翻訳サービスを用いて情報伝達を行うといった同様のサービスを利用した経験はない。その点をふまえ、これまでに見られた知識伝達例をまとめると、知識伝達の流れとしては先に示したような2種類の伝達手順が学習度の高いグループにみられた。学習度の高いグループに共通する点として、どの発話もシンプルな文章であり、説明が長くなる際は投稿を複数回に分けていた。また、順接を表すために“次に”や“そして”といった接続語ではなく、英数字や“→”といった記号を代わりに用い、“～は”や“～とは”といった表現をする際には、“=”の記号を用いたり、説明内容を次の発言に持ち越したりして投稿することなどを行っていた。

山下らの研究[7]で用いられている、良い翻訳結果を得るための書き換えルールでは、文章に基づくルールの1つとして「長い文を避け、短い文にする」ことをあげており、同時に「接続助詞を使用した長い文は接続助詞の前後で分割する」というルールをあげている。本研究では文献[7]

表 6 言語サービス適応調査表（記号）*6

Table 6 Table of investigating adaptation to language services (Symbol).

日本語入力文	J-Server	Google Translate	Weblio
「精米」は作業の名前です	○	△	○
「米を洗う」→「浸漬」→「米を蒸す」	○	○	○
「麴作り」→「酒母作り」→「仕込み」→「搾り・ろ過」→	○	○△	○△
「浸漬」=米に吸水させること	△	○	△
「仕込み」=酵母、麴、蒸し米、水を4日間で3回に分けて混ぜると『もろみ』ができます 糖化と発酵を同時に行う=並行複発酵	○	○	△×
「火入れ（1回目）」=搾った上澄みを加熱殺菌します	△×	○	×

で行われているようなルールの教示はいっさい行っていないが、以上を自然に実践したとみられる実験として、グループ8やグループ12のほかにグループ4もあげられた。そして、グループ8、12で見られる数字を扱う方法や、グループ11のように記号を多用する方法も見られた。

一方、学習度の値が低い実験としてグループ2とグループ7の知識伝達過程時のチャットログを見てみると、どちらも上記の表現をするために接続詞や助詞を用いており、英数字や記号は一部で使用する以外に、ほとんど用いられていなかった。よって、こうした複雑な工程を説明する場合、一般的な言語的表現で知識伝達を行う方法は、前述の被験者が感じる誤訳の割合が高いという知見から考えても、あまり好ましい方法ではないと考えられる。

さらに追加の分析として、実験システムで用いた翻訳サービスであるJ-Server[11]のほかに、Google Inc.のGoogle Translate[17]とウェブリオ株式会社のWeblio 翻訳[18]の計3種類の翻訳サービスを用い、学習度の値が高いグループから得られた記号と数字を用いている原文を翻訳することで、原文での記号と番号の使用に対する意図のとおりどの程度翻訳できているのかを評価した。表6は記号を使用している原文に関するもので、表7は数字を使用している原文に関するものである。

表6より、記号に関してはGoogle Translateが他の翻

*6 各表中の評価の表記として、高い評価から順に「○」、「△」、「×」を用いている。「○」は対象記号・番号に対する知識提供者の使用の意図（工程の流れや単語の強調、同格など）を表すために記号や数字を使った形跡が、翻訳文においてもそのまま反映されている場合を示し、「×」は翻訳文にまったく反映されていない場合を示している。「△」は「○」と「×」の中間の評価を示しており、場合によっては「△」と「○」または「×」を同時に表記することで、さらにその中間的な評価を表している。

表 7 言語サービス適応調査表 (数字)*6

Table 7 Table of investigating adaptation to language services (Number).

日本語入力文	J-Server	Google Translate	Weblio
1 精米	○	○	○
2 米を洗う	×	×	×
4 米を蒸す	×	×	×
5 麴 (こうじ) 作り	○	○	○
6 酒母作り	○	○	○
工程 1 精米 玄米の外側を精米機で削ります	×	×	×
工程 2 米を洗う	×	×	×

訳サービスよりも原文で使用される記号の位置が変わらず、提供者が翻訳がうまくいくよう記号に持たせた意図を、最も反映させることができていると考えられる。しかし、表 7 の数字を使用した原文に関しては、各翻訳サービスでほぼ違いが見られず、すべての翻訳サービスで番号の位置が変わってしまっている原文がいくつも見られた。

6.2 知識伝達レシピの提案

数字や記号の利用が効果的であった理由として、文字自体は翻訳の影響をほぼ受けないことや、国際的にそれらの持つ意味がある程度共有されていることが考えられる。本研究では日本酒の製造工程という、しっかりと決まった作業や工程の順序が存在する知識情報を伝達する専門知識として扱っている。このような知識情報を扱う際に、数字や記号を用いて説明する方法は効果的であると考えられる。

以上のような行動は、人間の側からの機械翻訳への適応を表す行動と見なすことができる。ここで、これまでに述べた効果的だと考えられる知識伝達方法をまとめ、本研究で得られた知見に基づいた機械翻訳を用いる際の効果的な伝達を実現する知識伝達レシピを考案した (表 8)。

まず、知識伝達レシピを実行する前段階として、事前に伝達する情報量が分かっている場合はそれを伝達することを提案する。また、表の注意書きにもあるように、文章を短く分割する方が翻訳精度の影響を受け難いと考えられる。したがって、“=” の後ろで投稿を区切ることや、単語を適宜 “[]” で囲んで表示させるなど、翻訳リペアが行える際はその結果に応じて対応することがより精度の高い翻訳結果を得るために好ましいと考えられる。

今回レシピとして提案した機械翻訳サービスの利用方法は、実験全体を通じた知識伝達の有効性を表す基準として、独自に定義した指標の値が高いグループのシステム使用履歴から法則的に抽出したものである。これに対し、指標の値が低いグループからは、これに近い利用方法を法則的に抽出することはできなかった。日中翻訳における誤訳の感じやすさを考慮すると、抽出した利用方法がつねに有

表 8 効果的な知識伝達レシピ

Table 8 Recipe of effective knowledge transmission.

手順 1	工程名を “[]” ではさみ、それ (“[工程名]”) を “→” でつないで表示させることで全体の流れを紹介する。文章量が多ければ投稿を何回かに分けても良い。
例	「精米」→「洗米」→「浸漬」→「蒸米」→...
手順 2	流れの紹介後、初めの工程から順に番号を付与させつつ詳細な説明を加える。まず、初めの番号として “1” とだけ入力し投稿する。
手順 3	そして次の投稿で “[1 番目の工程名] =” を文頭に置き、その後ろに各工程の詳細説明を加える。
例	1
例	「精米」= 精米機を用いて米の余分な外殻を削り取る。
手順 4	2 番目以降の工程に関しても、1 番目の工程の説明を対象とした手順 2 と手順 3 と同様に最後まで行う。
例	2
例	「洗米」= 米を洗い、削った籾殻を除去する。
例	3
例	「浸漬」= 米を「こしき」と呼ばれる蒸し窯に入れ、1 時間ほど蒸す。
注意 1	なるべくシンプルな文章になるよう心掛け、投稿は 1 回あたり 1 文とする。
注意 2	したがって、説明が長くなる際は必要に応じ投稿を複数回 (文を短く区切って) 行う。

効に作用するとは限らない。しかし、レシピの内容を教示することで、一部で誤訳が発生した場合でも知識伝達行動全体としては学習者にとってより適応しやすくなると考えられる。

7. おわりに

本研究では、多言語環境を前提に実用的な場面を想定し、機械翻訳サービスを利用した知識伝達をどのように行うことが正確かつ効果的かを、利用者側の適応から明らかにすることを目的として取り組んだ。

結果の分析から、知識提供者と母国語の異なる中国人のみの集団パターンにおいて、基礎的な知識に関しては正答率を 8 割まで伸ばすことができ、知識共有過程で集団的に知識を享受できていることが分かった。また、知識提供者が教える知識範囲全体に対するグループごとの理解度を評価・分析した結果、知識提供者と同一言語の学習者を 1 名でも加えることで、機械翻訳サービスによる誤訳の影響が生じる環境でも、グループとして全体的な学習水準を向上させられるという知見が得られた。このように、学習者側における組織学習の枠組みを組み合わせる場合、集団パターンの特性を考慮した知識伝達・共有環境を考慮することが機械翻訳サービスによる知識伝達の正確性の最大化に役立つことを明らかにした。さらに、これらの評価結果を会話履歴とともに分析し、相互に関連づけられた複雑な順序性を有する知識や、専門性の高い知識を共有するために効

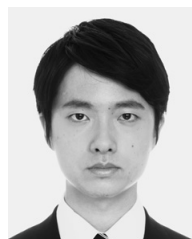
果的な方法として、機械翻訳を用いる際の効果的であると考えられる伝達方法を知識伝達レシピとして考案するに至った。

今後の課題としては、次の事項があげられる。今回の実験設定では、知識提供者に実験の場で初めて知識を取得させているが、今後は提供者ないし学習者に何らかの事前知識があるケースとの比較が必要である。また、日本語と中国語による多言語環境で実験を行ったのみであり、扱う言語によって翻訳精度や文法則が異なることから、今回得られた専門知識の伝達に関する知見が他の言語を扱った場合にも得られるか検証することが必要である。さらに、様々な品質を備える機械翻訳サービスを試し、レシピを実践する知識伝達実験の蓄積を通じてレシピの効果を検証する。この検証において新たな知見が得られることで、より機械翻訳サービスの利用者適応として、今回考案したレシピを、より有効なレシピへと改善をしていくことが必要である。

謝辞 本論文に対して、編集委員、査読者の方々から有益なご指摘をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。本研究は、JSPS 科研費 (S) (24220002, 2002-2016) および公益財団法人中山隼雄科学技術文化財団調査研究事業の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Szulanski, G.: The Process of Knowledge Transfer: A Diachronic Analysis of Stickiness, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Vol.82, No.1, pp.9–27 (2000).
- [2] 稲葉利江子, 山下直美, 石田 亨, 葛岡英明: 機械翻訳を用いた 3 言語間コミュニケーションの相互理解の分析, *電子情報通信学会論文誌*, Vol.J92-D, No.6, pp.747–757 (2009).
- [3] NPO Pangaea: 取材案内 こどもの参加でベトナム農村地域の生産性を向上 (オンライン), 入手先 http://www.pangaeaan.org/Download/201102_ymviet-pressrelease-jap.pdf (参照 2015-03-10).
- [4] 言語グリッドプロジェクト: 言語グリッドポータルサイト (オンライン), 入手先 <http://langrid.org/jp/> (参照 2015-03-10).
- [5] Kita, K., Takasaki, T., Lin, D., Nakajima, Y. and Ishida, T.: Case Study on Analyzing Multi-Language Knowledge Communication, *The International Conference on Culture and Computing (ICCC2012)* (2012).
- [6] Otani, M., Kita, K., Lin, D. and Ishida, T.: Analysis of Multi-language Knowledge Communication Service in Intercultural Agricultural Support, *The 2nd International Conference on Serviceology (ICServ2014)* (2014).
- [7] 山下直美, 坂本知子, 野村早恵子, 石田 亨, 林 良彦, 小倉健太郎, 井佐原均: 機械翻訳へのユーザの適応と書き換えへの教示効果に関する分析, *情報処理学会論文誌*, Vol.47, No.4, pp.1276–1286 (2006).
- [8] 山下直美, 石田 亨: 翻訳機を用いた対話における参照方法に関する分析, *情報処理学会論文誌*, Vol.48, No.2, pp.939–948 (2007).
- [9] Arendse, B. and Claudia, G.: MTranslatability, *Machine Translation*, Vol.16, No.3, pp.175–218 (2001).
- [10] 多言語工房-Language Grid (オンライン), 入手先 <http://langrid.org/developer/jp/index.html> (参照 2016-11-30).
- [11] 株式会社高電社: 自動翻訳プラットフォーム (オンライン), 入手先 <http://www.kodensha.jp/platform/> (参照 2016-11-30).
- [12] 宮部真衣, 吉野 孝, 重信智宏: 折返し翻訳を用いた翻訳リベアの効果, *電子情報通信学会論文誌*, Vol.J90-D, No.12, pp.3141–3150 (2007).
- [13] ウェブリオ株式会社: Weblio 辞書・百科事典 (オンライン), 入手先 <http://www.weblio.jp/cat/dictionary> (参照 2016-11-20).
- [14] 科学事典: 宣言的知識と手続き的知識 | 認知心理学 (オンライン), 入手先 <http://kagaku-jiten.com/cognitive-psychology/higher-cognitive/procedure-and-declaration.html> (参照 2016-11-20).
- [15] 日本認知科学学会 (編): 認知科学辞典, 共立出版, p.478, p.589 (2002/8).
- [16] 角田啓介, 菱山玲子: 異文化コラボレーションのための多言語参加型ゲーミングシステム “Langrid Gaming” の提案, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol.13, No.1, pp.73–82 (2011).
- [17] Google: Google Translate (online), available from <https://translate.google.com/m/translate> (accessed 2016-11-30).
- [18] ウェブリオ株式会社: Weblio 翻訳 (オンライン), 入手先 <http://translate.weblio.jp/> (参照 2016-11-30).



鈴木 宏

2015 年早稲田大学理工学術院創造理工学部経営システム科卒業。現在、早稲田大学理工学術院創造理工学研究科経営システム工学専攻在学。機械翻訳を介した多言語コミュニケーションに興味を持つ。



菱山 玲子 (正会員)

京都大学情報学研究科社会情報学専攻修了。現在、早稲田大学理工学術院創造理工学研究科経営システム工学専攻教授。人工知能、知識コミュニティデザインに関する研究に従事。IEEE, ACM, 電子情報通信学会, ヒューマンインタフェース学会各会員。博士 (情報学)。