慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	外国語学習法の非言語的認知機能への影響： 日本語を母語とするドイツ語初習者を対象とした実験的検討
Sub Title	Changes in the non-verbal cognitive abilities induced by foreign language learning : a pilot study involving Japanese-speaking novice learners of German
Author	矢田部, 清美(Yatabe, Kiyomi) 皆川, 泰代(Minagawa, Yasuyo)
Publisher	慶應義塾大学外国語教育研究センター
Publication year	2016
Jtitle	慶應義塾外国語教育研究 (Journal of foreign language education). Vol.13, (2016.) ,p.135- 151
JaLC DOI	
Abstract	The present study examines changes in young adults' non-verbal cognitive abilities induced by foreign language learning, with a view to investigating how a particular instruction method may affect students' general executive function as well as language proficiency. Seventeen Japanese university students were divided into two groups, on the basis of their scores on tests evaluating their non-verbal cognitive abilities and knowledge of German. Participants in the first group were taught German using the inductive method and participants in the second group were taught the language using the deductive method. Both groups were taught the same content with the same material ; the only difference between the two was in the type of instruction. There was no significant difference in the level of language proficiency attained between the two groups. However, there was a weak but significant effect of instruction method on participants' ability to perform a non-verbal cognitive task. We also found a significant difference in reaction time between the two groups in a German and a non-verbal cognitive task. These findings suggest that it might be possible to enhance certain types of one's non-verbal cognitive abilities through language learning, although more research is needed to reach a firm conclusion.
Notes	調査・ 実践報告
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AA12043414-20160000-0135

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

外国語学習法の非言語的認知機能への影響：日本語を母語とするドイツ語初習者を対象とした実験的検討

矢田部　清　美
皆　川　泰　代

Abstract

The present study examines changes in young adults' non-verbal cognitive abilities induced by foreign language learning, with a view to investigating how a particular instruction method may affect students' general executive function as well as language proficiency. Seventeen Japanese university students were divided into two groups, on the basis of their scores on tests evaluating their non-verbal cognitive abilities and knowledge of German. Participants in the first group were taught German using the inductive method and participants in the second group were taught the language using the deductive method. Both groups were taught the same content with the same material; the only difference between the two was in the type of instruction. There was no significant difference in the level of language proficiency attained between the two groups. However, there was a weak but significant effect of instruction method on participants' ability to perform a non-verbal cognitive task. We also found a significant difference in reaction time between the two groups in a German and a non-verbal cognitive task. These findings suggest that it might be possible to enhance certain types of one's non-verbal cognitive abilities through language learning, although more research is needed to reach a firm conclusion.

1．はじめに

本論文では、外国語学習法、特に外国語を異なる学習様式で学習すると、学習者の外国語の熟達度だけでなく、非言語的認知機能に変化に違いが生じうるのかという問題について論ずる。まず、一般的に、外国語学習の結果として非言語的認知機能に変化が生じるということがありうるのかを、従来のバイリンガルと外国語学習の研究を参照して論じ、続いて本研究の課

題設定を論じる。さらに、異なる学習様式での外国語学習研究の必要性を述べ、日本語を母語とするドイツ語初習者を対象としたパイロット実験を説明する。最後に実験結果を踏まえ、異なる学習様式の外国語学習による学習者の認知機能への考えうる影響と今後の外国語教育への展望を述べる。

1.1　外国語学習経験による認知機能の変化

1.1.1　バイリンガルであることによって生じる認知機能の変化

最近、国際化が進展するにつれ、複数の言語を同時に習得する、または母語以外の外国語を学習する等により、日常的に複数の言語を使用する機会が増えている。このように、ある個人が少なくとも二つの言語を話すこと、またはその使用者をバイリンガル（bilingual）と呼ぶことがある（American Speech-Language-Hearing Association, 2004）。本節では、バイリンガルであることが認知処理全般に影響を及ぼし得るのか、さらに本研究の課題設定について論じる。

1960年代までバイリンガルは一つの言語を話すモノリンガル（monolingual）の言語レベルに到達することが出来ず、それゆえ多くの認知処理課題においてモノリンガルより劣っていると考えられていた（Tunmer, Pratt, Herriman, & Bowey, 1984）。しかし1960年代に入ると、過去の研究には調査対象のグループ間の社会経済レベルや年齢が統制されていない、調査問題に文化背景が異なると答えにくい問題が含まれている等の深刻な方法論上の欠点があったことが指摘されはじめた（Adesope, Lavin, Thompson, & Ungerleider, 2010; Bialystok, Craik, & Luk, 2012; Peal & Lambert, 1962; Tunmer et al., 1984）。そのため、こうした点が統制されたそれ以降の研究により、バイリンガルはモノリンガルより多くの認知処理課題において優れた点を有するという報告が多数を占めるようになった。

バイリンガルが優位性を持つような認知処理には何種類かのものがあると言われている。ひとつは言語知識を構造化し説明するメタ言語的気づき（metalinguistic awareness）である。バイリンガルのメタ言語的気づきの成長を促すためには一定の閾値を超える第一言語と第二言語の両言語の能力が必要であることが知られている（Cummins, 1979; Ricciardelli, 1992）。また、なぜバイリンガルがメタ言語的気づきに優れているかについては複数の言語を使用することで言語の違いなどの言語知識の抽象化が発達するからではないかと示唆されている。もうひとつは、非言語課題を含めた多くの認知処理課題に解答する際に共通して必要となる実行機能（executive function）（Miyake et al., 2000）である。これは、注意や記憶などの限られた資源を使いつつ情報更新や目標設定を行い思考や行動を制御する高次の認知機能である。バイリンガルの実行機能の成長を促すためには、二言語の熟達度ではなくバイリンガル教育の年数が影響すると言われている（Bialystok & Barac, 2012）。しかしバイリンガルの実行機能の優位性にバイリンガル教育におけるどのような過程が影響したのかは不明であった。

さらに後者のバイリンガルの実行機能の優位性についてはまだ議論も多い。たとえば、言語の獲得時期・熟達度・バイリンガル言語の類似性などを統制すると、優位性があるという研究結果は再現しない、とする報告もある（Paap, Johnson, & Sawi, 2015）。しかしそうした報告においても特定のバイリンガル経験に限れば実行機能に正の影響を及ぼすことが否定できないとしている。

そこで、本研究では新しい言語を学ぶときに特定の学習過程を設定し、学習過程が学習者の実行機能に影響を与える可能性を検討する。その一例として、ある推論法を用いた学習方法が非言語的認知処理機能、特に一連の情報から課題目標に適切な情報のみを維持し効果的に問題解決する実行機能に影響を及ぼすという仮説をたて、外国語学習における教示法の認知処理への影響を検討する。

1.1.2　外国語学習前後における認知機能の変化

前節で論じた言語機能に限らずその一般的な認知機能（general cognitive function）の差異をバイリンガルとモノリンガルという群間で比較する共時的研究とは別に、より直接的な方法として、ある外国語に熟達していない被験者群の外国語学習前後で一般的な認知機能の変化を測定する通時的研究がある。通時的研究は、外国語学習経験内容及びその開始・終了の統制、個人要因、熟達を確認しやすく、外国語学習経験が認知機能の変化を生むという因果関係を明らかにするために有効な方法のひとつであるが、バイリンガルとモノリンガルのある時点での対比といった共時的研究に比べ、その数はまだ少ない。

これまで Bialystok や Bak らのグループが、ある外国語に熟達していない被験者群の外国語学習前後で、言語に限らない注意や抑制機能などの認知機能の評価をしている（Bak, Long, Vega-Mendoza, & Sorace, 2016; Bialystok & Barac, 2012; Janus, Lee, Moreno, & Bialystok, 2016; Sullivan, Janus, Moreno, Astheimer, & Bialystok, 2014）。その結果、ひとつの研究を除く多くの研究で統制群より顕著な認知機能の向上が認められた。また、顕著な認知機能の変化がみられなかった研究でも、非言語課題中の脳波計測をしたところバイリンガルの脳波パタンに類似した結果が得られたという。こうした結果が多く集まれば外国語学習経験による認知機能の変化は存在するという仮説を強く支持するものとなる。

しかし、これまでの外国語学習実験では、外国語学習方法は様々で、学習群と比較する統制群が心理学を同時期に学ぶ群や音楽を学ぶ群、外国語学習以外の色々なコースで学ぶ群などであった。そのため、どのような外国語学習方法が認知機能の変化を生みやすいかといった知見を得ることは難しかった。このことは、前節でみたように、特定の言語学習過程が学習者の実行機能に影響を与えるかを問う本研究では大変重要な問題であるといえる。

1.2　外国語学習方法における学習様式

言語学者 Pinker によれば言語学習とは語彙と規則の学習から成る（Pinker, 1999）。古くから言語の学習法について議論があり、特に言語規則をどのように教授するかをめぐっては多くの研究がある（Ellis, 2011; Robinson, 2008）。一般的に規則の学習は多く推論に基づいてなされることが多い。推論は与えられた命題（proposition）から新しい命題を導く方法を示すもので、知的活動を行う上で欠かせないものである。そのため多くの論理学者や心理学者は人間の行う推論と認知処理の関係に興味を持ってきた（Isaac, Szymanik, & Verbrugge, 2014; Johnson-Laird, Khemlani, & Goodwin, 2015）。そして最近の研究では、異なる推論の方法では、認知処理も異なる可能性を見出した（Goel & Dolan, 2004; Heit & Rotello, 2010）。

推論の方法、つまり推論規則は二つに大別され、一方を演繹規則（演繹法 ; rules of deduction）と呼び、もう一方を帰納規則（帰納法 ; rules of induction）と呼ぶ。演繹規則によれば、真なる言語的発話（linguistic utterance）から他の真なる言語的発話が導かれ、帰納規則によれば、真なる言語的発話から、それが真であるかどうかはわかっていないがその確率がわかっているような仮に真である経験的言明が導かれる（Reichenbach, 1947）。一般に、演繹規則は既知の法則（premise）を個々の事象に適用し、帰納規則は個々の事象からの経験的観測により仮の法則を導き出すことができる。

これを外国語における言語規則の学習方法に当てはめると、演繹的学習法では最初に言語規則が明示的に与えられ学習者は規則を個々の例に適用し、帰納的学習法では個々の例のみ与えられ学習者はこれらの経験的観察から暗示的に与えられた言語規則を学習する。演繹的学習法は言語規則が明示的に与えられる文法訳読法（grammar-translation method）に代表され、帰納的学習法は言語規則が個々の例のうちに暗示的に与えられる点で直接法（direct method）や AL 法（audiolingual method）に深く関連している（Corder & Allen, 1975）。学習法が明示的か暗示的かという点に特に着目し明示的学習法（explicit learning）や暗示的学習法（implicit learning）といった分け方をする場合もある。多くの研究によって、そのような外国語学習法の対照的な違いは着目され（Gollin, 1998）、その効果、つまり学習者の熟達度の向上ばかりが検討されてきたが、その点でもどちらの学習法の効果が高いかについて、意見は分かれている（Erlam, 2003）。

本研究では二つの外国語学習法、即ち演繹的学習法と帰納的学習法による違いを実験的方法によって検討する。特に、これまでの外国語学習法の対照研究がすべて言語の熟達度の変化のみに焦点を当てていたのに対し、外国語学習に伴って生じる実行機能の変化に着目する。すなわち、非言語的課題においても、学習法によって学習前後の成績変化の度合いに違いが生じるのかどうかについて検討する。

2．外国語学習実験の方法

2.1　参加者

本研究の参加者は、大学内のインターネットやポスターによる広報をみて応募した、神経学的既往歴がなく、右利き・日本語のみ母国語・外国で３カ月以上暮らしたことがない健康な17名の大学生である。１名は実験開始後に参加を取りやめた。参加者のドイツ語学習歴は最長で６カ月を超えずその平均は1.06ヶ月（標準誤差 0.44ヶ月）だった。参加者は（未成年は保護者共に）研究説明を受け、同意の下に研究参加を開始した。全ての研究参加に謝礼が支払われた。本研究は慶應義塾大学文学部研究倫理委員会により承認された（番号13006）。

2.2　手法

2.2.1　学習前後の評価方法

学習前に参加者はドイツ語の熟達度をはかる二種類の課題と非言語的認知機能をはかる二種類の課題、合計四種類の課題に取り組んだ。ドイツ語の熟達度をはかる課題では、ドイツ語技能検定（German Diploma in Japan）４級・５級の2014年春と2015年秋の問題から20問と、自作のドイツ語文法性判断課題36問に回答した。また非言語的認知機能をはかる課題では、非言語的知能検査であるレーヴン漸進的マトリックス検査（Raven's Progressive Matrices; RPM検査）（Raven, 1941）の奇数問題30問と、自作の図形を用いた推論課題18問に回答した。

学習後にも参加者は学習前と同様のドイツ語の熟達度をはかる二種類の課題と非言語的認知機能をはかる二種類の課題、合計四種類の課題に取り組んだ。ドイツ語の熟達度をはかる課題では、ドイツ語技能検定４級・５級の2014年秋と2015年春の問題から20問と、自作の別のドイツ語文法性判断課題36問に回答した。また非言語的認知機能をはかる課題では、非言語的知能検査である RPM 検査の偶数問題30問と、自作の別の図形を用いた推論課題18問に回答した。

ドイツ語の熟達度をはかる課題の一方であるドイツ語技能検定は年度などによって難易度が異なるため、学習前後の課題間の難易度も異なることが予想された。しかし、学習前と学習後それぞれの群が同じ課題に回答することにより、前と後の時点の学習群間の差をはかること及び学習前後変化の両群間の差をはかることができることからもう一方の自作課題と併用することとした。また、非言語的認知機能をはかる課題の一方である RPM 検査は無作為に偶数問題と奇数問題を抽出したため、学習前後の課題間の難易度が異なることが予想された。しかし、同様に前と後の時点の学習群間の差をはかること及び学習前後の変化の両群の差をはかることができることから併用することとした。

もう一方のドイツ語の熟達度をはかる課題であるドイツ語文法性判断課題は、統語範疇と語彙を同程度のものとすることで学習前後の課題間の難易度をおおよそ等しくするように努めた。各問題のドイツ語は文もしくは句の形で出題され、参加者はドイツ語文法表現が正しいか

正しくないかを二択で答えた。また、もう一方の非言語的認知機能をはかる課題である推論課題は、過去の推論課題研究（Crone et al., 2009）を改良し大きさや模様といった別の様式を用いながら推論に要求される計算の複雑性を統制することで学習前後の課題間の難易度をおおよそ等しくするように努めた。

自作の推論課題についてさらに詳細を説明することとする。この課題は図形の形に着目しその並びにしたがって空欄となっている図形を推論するものである。各問題は上段の３行３列の図形の並びと下段の１行４列の図形の並びから成り、常に上段の３行３列目の右下の図形が点線の四角図形で空欄となっている。参加者は上段の３行３列目の右下の図形以外の図形の並びから、３行３列目の右下の図形が何であるべきか、最も適した図形を下段の四つの図形から一つ選んで答えることが求められた。また学習者の認知的特性をより明らかにするために、推論課題の計算の複雑性の水準を３つに分けた。

図１は計算の複雑性の水準が低い問題の代表例である。上段の３行３列目の右下の図形以外の図形の並びは同じものが並んでおり、したがって３行３列目の右下の図形に最も適した図形は同じ図形である下段の左から２番目を選んで答えるのが正解である。図２は計算の複雑性の水準が中の問題の代表例である。上段の３行３列目の右下の図形以外の図形の並びは列ごとに同じものが並んでおり、したがって３行３列目の右下の図形に最も適した図形は上段の３列目の図形と同じ図形である下段の左から２番目を選んで答えるのが正解である。図３は計算の複雑性の水準が高の問題の代表例である。上段の３行３列目の右下の図形以外の図形は入れ子になっており、その並びは外側の図形は行ごとに、内側の図形は列ごとに同じものが並んでおり、したがって３行３列目の右下の図形に最も適した図形は外側が３行目と同じで内側が３列目と同じ図形である下段の左から３番目を選んで答えるのが正解である。課題の慣れを防ぐ目的で、形に着目する以外に図形の大きさや模様に着目する課題を用意した点が先行研究より優れた点であるが、紙面の都合上、形のみ例示した。

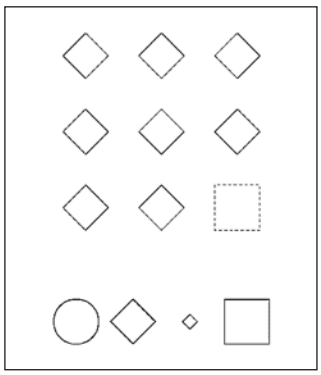

図１　計算の複雑性が低い問題

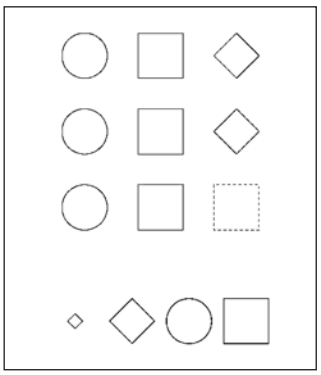

図２　計算の複雑性が中程度の問題

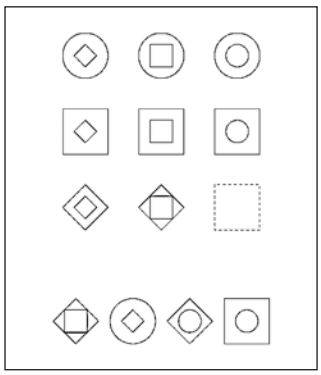

図３　計算の複雑性が高い問題

各課題の成績は次のように求めた。ドイツ語技能検定は20問中の正答数を求めた。ドイツ語文法性判断課題における二択の弁別性の指標には、信号検出理論に基づいたディー・プライム（dprime; d'）指標を用いた。この弁別指標は d' ＝ z（正答率（hit））－ z（フォールス・アラーム率（false alarm））によって計算した（Macmillan & Creelman, 1991）。バイリンガルについての先行研究より青年期の認知機能をはかる問題では認知的負荷の高い問題でのみ統制群との差が出やすい（Bialystok, 2006; Costa, Hernandez, Costa-Faidella, & Sebastian-Galles, 2009）との知見があり、RPM 検査は後半の問題ほど難易度が上がる設計になっているので、30問を５分割し最後の６問の正答数を求めた。推論課題では要求される計算の複雑性が高い課題の正答数を求めた。いずれの課題も一問ごとにコンピュータの画面に問題を表示しながら、一問ごとの反応時間を計測し、反応時間の平均は正答の反応時間から計算した。参加者はいずれも自分のペースで問題を解いたが、ドイツ語技能検定と RPM 検査のときには無制限時間内でキーボード上の数字キーを押し、ドイツ語文法性判断課題と推論課題のときにはそれぞれ3.5秒の制限時間内と10秒の制限時間内でキーパッド上のキーを押して答えた。

２.２.２　学習群と学習内容

参加者は、学習前に回答した四課題の成績・反応時間によって、非言語的知能とドイツ語の熟達度におおよそ差のない演繹的学習群８名と帰納的学習群９名の２群の学習群に分けられた。演繹的学習群８名の平均年齢は20.28歳（標準誤差 11.72カ月）、帰納的学習群９名の平均年齢は19.04歳（標準誤差 5.24カ月）で年齢についても両群は統計的な差異は認めらなかった（$t(15) = 1.21$, $p > 0.24$）。

両群ともに同じ教材で同じ内容を学習した。ただ一つ両群で異なる点は、演繹的学習か帰納的学習かといった学習様式の差だった。演繹的学習群は最初から言語規則を明示的に与えられ、それから例に言語規則を当てはめながら学習した。一方、帰納的学習群は最初に個々の例のみ与えられ、これらの経験的観察から暗示的に与えられた言語規則を推測しつつ学習した。

学習に用いられる例は情報技術の発展と共にコーパス等から入手が容易になった言語データを言語教育に用いるデータ駆動型学習（data-driven learning; DDL）（Johns, 1991）に倣い、研究室内で用意した学習者のドイツ語レベルに統制したおよそ1700見出し語コーパスに基づいて作成され、クイズ形式などで学習者に示された。各群ともに３ヶ月間９回の60分授業と宿題を通じてドイツ語の名詞・冠詞・形容詞・動詞・助動詞・接続詞・前置詞を用いた初級文法を大量の例と共に学習した。DDL には学習者が言語データを自由に探索し学習に利用する拡散型（divergent）学習と、予め決められた学習目標に向けて導かれつつ言語データを学習に利用する収束型（convergent）学習があるが、今回は学習者が初習者であり、必ずしも全ての学習者がコーパス利用を得意としていなかったため、後者の方法を選択した。即ち、授業では

ドイツ語の例はコンピュータもしくはハンドアウトによって示され、宿題では参加者に貸与されたiPod touches（Apple Inc.）という携帯型端末機器を通じて簡便なクイズ形式として例が示された。さらに授業内では学習の際の正誤をフィードバックとして与え、宿題の中では個々の問題に正誤のフィードバックと20問ごとの成績が表示された。学習者は次回の授業までの課外のすきま時間を生かして言語データを通じて言語規則を学習した。DDLは帰納的学習法に利用されることが多いが、演繹的学習法に利用されることも可能である。また、DDLの特徴として言語規則即ち文法から語彙情報が切り離されにくく、統合的に学習できる面がある。

2.2.3　検定方法

以下のように統計的仮説の検定を行った。学習前後のドイツ語技能検定の正答数及び反応時間、ドイツ語文法性判断課題の弁別指標及び反応時間、RPM検査の反応時間、計算の複雑性が高い推論課題の反応時間を、学習様式別で比較する場合には、学習前後を参加者内要因、学習様式を参加者間要因とする二要因分散分析を行った。ドイツ語文法性判断課題弁別指標の学習前後の差分、RPM検査正答数の学習前後の差分を学習様式別で比較する場合にはt検定を行った。RPM検査正答数、計算の複雑性が高い推論課題の正答数の学習前後差を比較する場合にはWilcoxonの符号付順位検定を行った。RPM検査の学習前正答数および学習後正答数、計算の複雑性が高い推論課題の学習前正答数および学習後正答数、計算の複雑性が高い推論課題正答数の学習前後の差分、RPM検査反応時間の学習前後の差分を、学習様式別で比較する場合にはMann-Whitney検定を行った。

3．外国語学習実験の結果

3.1　外国語の熟達度の変化

前章で述べたように、ドイツ語の熟達度の変化を測るために、学習前後で、ドイツ語技能検定の問題から20問と、ドイツ語文法性判断課題36問が用意された。

ドイツ語技能検定の学習前後では二群をあわせた参加者全体の正答数の平均値の向上がみられ、学習前後の主効果は統計的に有意な傾向があった（$F(1,15)=3.83$, $p<0.07$）。しかし、両群間の主効果もなく（$F(1,15)=0.03$, $p>0.8$）、学習前後と群間の交互作用がなかったため（$F(1,15)=0.007$, $p>0.9$）、両群の学習方法によるドイツ語の熟達度及びその変化には差がみられなかった。

図4に各群のドイツ語文法性判断課題における弁別指標の学習前後変化を示す。実線で表されているのが帰納的学習群で、破線で表されているのが演繹的学習群である。図4にみられるように、ドイツ語文法性判断課題の学習前後では二群をあわせた参加者全体の弁別指標の平均値の向上がみられ、学習前後の主効果は統計的に有意であった（$F(1,15)=22.22$, $p<0.001$）。

しかし、両群間の主効果もなく（F（1,15）＝0.07, $p>0.7$）、学習前後と群間の交互作用がなかったため（F（1,15）＝0.01, $p>0.4$）、両群の学習方法によるドイツ語の熟達度及びその変化には差がみられなかった。図5は各群の学習後の弁別指標から学習前の弁別指標を引いた結果である。図5にみられるように、両群の平均値の散らばりは重なっており、効果の差がみられないことがわかる（t（15）＝0.78, $p>0.4$）。

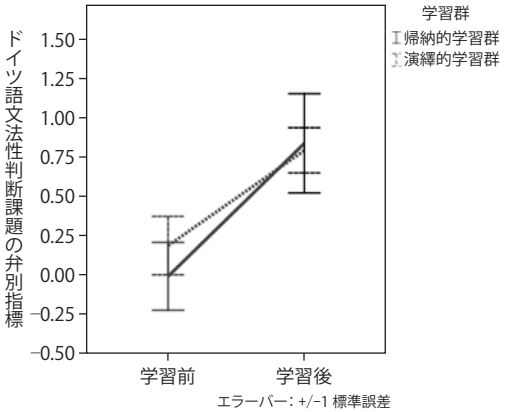

図４　文法性判断課題弁別指標の推移

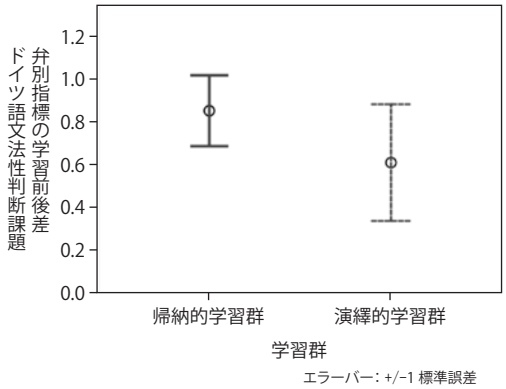

図５　文法性判断課題弁別指標の学習前後差

反応時間はドイツ語技能検定の二群をあわせた参加者全体で学習前後の変化がみられず（F（1,15）＝0.45, $p>0.5$）、両群間の差もみられなかった（F（1,15）＝0.24, $p>0.6$）。しかし、学習前後と群間の交互作用に有意傾向があり（F（1,15）＝3.33, $p<0.09$）、演繹的学習群では反応時間は学習前で8.7秒程度だったのが学習後には7.5秒に短縮したのに対し、帰納的学習群では学習前で7.4秒程度だったのが学習後には9.8秒に延長したことが観察された。

ドイツ語文法性判断課題の反応時間では二群をあわせた参加者全体で学習前後に有意に延長した（F（1,15）＝10.02, $p<0.01$）。反応時間は学習前で1.9秒程度だったのが学習後には2.2秒に延長したことが観察された。しかし、両群間の差もみられず（F（1,15）＝0.34, $p>0.5$）、学習前後と群間の交互作用もなく（F（1,15）＝0.08, $p>0.7$）、二群の反応時間に差はみられなかった。

３.２　非言語的認知機能の変化

前章で述べたように、非言語的認知機能とその変化をはかるために学習前後の RPM 検査最終６問と、計算の複雑性が高い推論課題６問を評価した。

RPM 検査の二群をあわせた参加者全体の正答数の平均値は学習前後で差がみられなかっ

た（Z＝−1.53, $p>0.1$）。また両群の正答数の平均値は学習前（U＝34.00, $p>0.8$）も学習後（U＝36.00, $p>0.99$）も差がみられず、学習後の正答数から学習前の正答数を引いた成績の向上も両群間で差がみられなかった（t（15）＝0.1, $p>0.9$）。

図６に各群の計算の複雑性が高い推論課題における正答数の学習前後変化を示す。実線で表されているのが帰納的学習群で、破線で表されているのが演繹的学習群である。図６にみられるように、計算の複雑性が高い推論課題の二群をあわせた参加者全体の正答数は学習前後で差がみられなかった（Z＝−0.26, $p>0.7$）。また両群の正答数は学習前（U＝27.00, $p>0.3$）も学習後（U＝25.5, $p>0.17$）も差がみられなかった。図７は各群の学習後の計算の複雑性が高い推論課題の正答数から学習前のそれを引いた結果である。図７にみられるように、学習後の正答数から学習前の正答数を引いた成績の向上は帰納的学習群のほうが有意に大きかった（U＝15.5, $p<0.05$）。

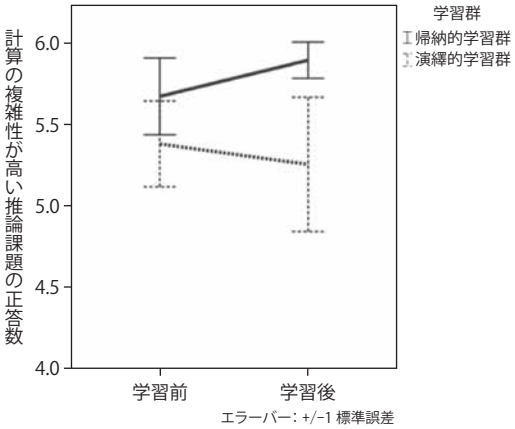

図６　計算の複雑性が高い推論課題の正答数の推移

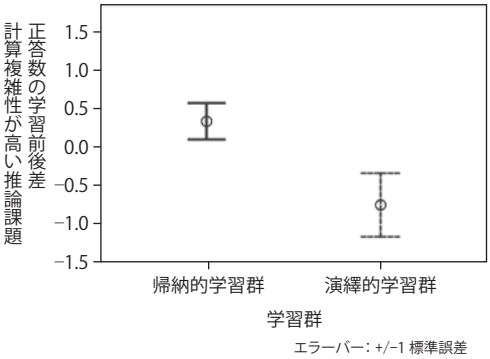

図７　計算の複雑性が高い推論課題正答数の学習前後差

図８に各群の RPM 検査最終６問における反応時間の学習前後変化を示す。実線で表されているのが帰納的学習群で、破線で表されているのが演繹的学習群である。RPM 検査最終６問の反応時間は二群をあわせた（正答がなかった参加者１名を除いた）参加者全体で学習前後の変化がみられず（F（1,14）＝1.08, $p>0.3$）、両群間の差もみられなかった（F（1,14）＝0.13, $p>0.7$）。しかし、学習前後と群間の交互作用があり（F（1,14）＝4.64, $p<0.05$）、演繹的学習群では反応時間は学習前で21.6秒程度だったのが学習後には18.5秒に短縮したのに対し、帰納的学習群では学習前で17.2秒程度だったのが学習後には25.9秒に延長したことが観察された。図９は各群の学習後の RPM 検査最終６問の反応時間から学習前のそれを引いた結果である。

図９にみられるように、反応時間は帰納的学習群の方が有意に延長した（U＝14.0, $p<0.04$）。

計算の複雑性が高い推論課題の反応時間では二群をあわせた参加者全体で学習前後に差がみられなかった（F（1,15）＝0.56, $p>0.4$）。また、二群の反応時間にも差はみられなかった。両群間の差もみられず（F（1,15）＝0.26, $p>0.6$）、学習前後と群間の交互作用もなかった（F（1,15）＝0.08, $p>0.7$）。

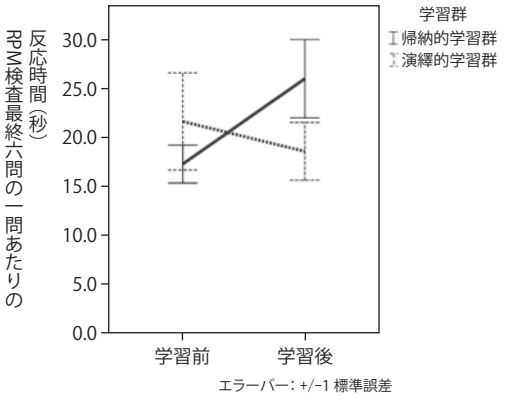

図８　RPM 検査最終六問反応時間の推移

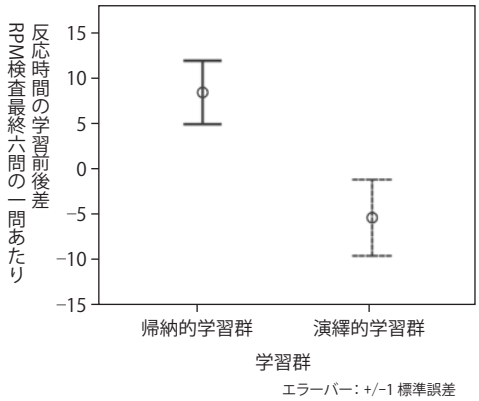

図９　RPM 検査最終六問反応時間の学習前後差

４．議論

本論文では、外国語の言語規則を異なる学習様式で学習すると、学習者の外国語の熟達度だけでなく、非言語的認知機能にも違いが生じうるのか、バイリンガルや第二言語習得の先行研究を概観するとともに、日本語を母語とするドイツ語初習者を対象としたパイロット実験について検討した。

実験の結果、外国語の熟達度を測るためのドイツ語技能検定とドイツ語文法性判断課題では学習前後で成績があがる傾向があり、その傾向は両群で差がないことがわかった。一方、学習前後の非言語的認知機能の向上は RPM 検査と推論課題の双方でみられなかったが、学習様式が演繹的か帰納的かによって推論課題の学習前後の変化に一部差がみられた。即ち、認知的負荷が大きいような計算の複雑性が高い推論課題では帰納的学習群の学習前後の伸びが高かった。また、課題の反応時間の分析から、外国語の熟達度を測る課題のときと、非言語的認知機能を測る課題のとき双方で、演繹的学習群は学習前よりも学習後のほうが短時間で解答したのに対し、帰納的学習群は学習よりも学習後のほうが長時間で解答する傾向がみられた。とくに、ドイツ語技能検定と RPM 検査のときにその有意な傾向や有意差がみられた。

これらの結果から、外国語の熟達度に関しては、学習様式が演繹的か帰納的かに関わらず、両群の参加者はドイツ語の言語規則の学習を通じて、外国語の熟達度の差がなく、同様にドイツ語の成績が向上した可能性が高いといえる。非言語的認知機能に関しては、学習様式が帰納的のときに計算の複雑性が高い推論課題の成績の向上が一部みられた。そして、反応時間に関しては、外国語の熟達度に関する課題と非言語的認知機能を測る課題いずれも、学習を通じて、演繹的学習群は素早く、帰納的学習群はじっくり解答するようになった可能性が高い。これが、ドイツ語技能検定と RPM 検査のときに限られたのは、それ以外の二つの課題は解答するまでの時間に制限を与えたからであると思われる。

総じて、今回の結果は、外国語の言語規則を異なる学習様式で学習すると、非言語的認知機能にも変化に違いが生じうることを支持する結果といえる。先行研究（Erlam, 2003）で述べられているとおり、異なる学習様式は外国語習得の熟達度には影響を与えるとはいえなかった。しかし、異なる学習様式は非言語的認知課題の成績向上に影響を与えることが示唆された。

本研究の意義は、新しい言語を学ぶときの学習様式が学習者の実行機能に影響を与える可能性を指摘し、予備的な調査を行なった点にある。バイリンガルが優位性を持つような認知処理には何種類かのものがあることを提唱した先行研究では、メタ言語的気づきには言語の熟達度が、実行機能にはバイリンガル教育の年数が影響を与えることが指摘されている（Bialystok & Barac, 2012）。しかしバイリンガルの実行機能にバイリンガル教育におけるどのような過程が影響したのかは不明であった。またバイリンガルであることが実行機能の成長を促すのではないといった報告のなかでも、将来必要な研究として、ある特定のバイリンガル経験が実行機能に影響する可能性の追求が示唆されていた（Paap et al., 2015）。こうした問いに答えを与えるためには、教育の過程で特定の学習方法を設定し個々の実行機能の変化を計測することが重要であることを本研究は示したといえる。

一方、本研究は様々な要因で予備的実験であるといえる。まず、参加者の数が少なく、また課題数も少ないため、説明能力が十分とはいえない。かつ、自発的に学習実験に応募した参加者で平均的なドイツ語初習者を代表する参加者群でない可能性もある。今後は効果に関して年齢やどのような認知特性や学習スタイル・経験を持っているのかという参加者のさらに詳細な個人要因の検討も必要と思われる。さらに学習後の評価においてドイツ語課題と非言語課題が同セッションで行われているためドイツ語の授業の体験を想起しながら非言語課題に取り組んだ可能性もあり、課題の施行を別々の日に行うことが必要である。実行機能の向上が長期的に続くのかも確認が必要である。

今後はこうした点を修正して研究を発展させる必要がある。まず、外国語学習が、新しい言語の知識やスキルの獲得を促すに留まらず、思考や行動様式そのものを変化させること、さらにそれは学習様式によって違った方向性に変化しうるという可能性を追及する必要がある

と考える。この問題は、心理学や神経科学分野における、経験の結果として認知機能や脳の変化が起こり得るのかという問題にも通じる重要な課題である。また、非言語的認知機能を向上させるような外国語学習方法によって得られるであろう学習者の技能が、一般的な学習技能（learning skill）に通ずる汎化可能なものなのかといった点も熟考すべき問題である。つまり外国語学習によって培った学習者の技能が、より一般的な学習技能として教科間で転移（transfer）しうるかといった検討である。このためには教科横断的取り組みも必要になると思われる。

後者の一般的な学習技能の習得の重要性は多くの教育研究の場で客観的な事実を蓄える際に獲得されるどのように学ぶかを学ぶという方略、方法知（learn how to learn）といった表現で論じられている（Halász & Michel, 2011）。外国語教育研究の場で一般的な学習技能に関連が深いのは、例えば、ヨーロッパ言語共通参照枠（Common European Framework of Reference for Languages）（Council of Europe, 2001）で、コミュニケーション言語能力（communicative language competences）の他に必要で学習者個人にかかわる一般的な能力（general competences）の一種として紹介されている学習能力（savoir-apprendre, ability to learn）である。学習能力は言語学習の動機を高め、学習方略を豊かにするもので、その中にはメタ言語的気づき（metalinguistic awareness）に代表されるような、言語とコミュニケーションに関する意識、一般的な音声意識と技能の他、勉強技能、発見技能が含まれる。また第二章で紹介した DDL がもともと目指している能力にこの方法知は含まれ、確認（identify）、分類（classify）、一般化（generalize）を通じて学習者の自律的な思考様式を促進させる（Johns, 1991）。

外国語学習では、このような学習能力が学習者の学習の基礎に育つことで、言語間、つまり新しい言語や読解のより容易な学習、使用が可能になると考えられている（de Sousa, Greenop, & Fry, 2010; Kuo & Anderson, 2012）。また複言語を用いることでそれが促進されるという報告（Jessner, 1999）もある。一方、外国語学習によって培った学習者の技能がより一般的な学習技能として教科間で転移可能かどうかの研究は音楽（Moreno, Lee, Janus, & Bialystok, 2015; Patel, 2003）、算数（Vukovic & Lesaux, 2013b）、統計や幾何（Vukovic & Lesaux, 2013a）、科学（Mayer, 2004）についていくつか存在するが、今後より多くの研究によって証明されなければならないといえる。

また、外国語学習技能がより一般的な学習技能として汎化可能である場合があるならば、それはなぜなのか、についても明らかにされなければならない。例えば音楽と言語は別々の表現型だが認知資源を共有しているからといった説明（Patel, 2003）や、メタ手続き的なより抽象的な言語能力に依存するといった説明（Karmiloff-Smith, 1979）があるが今後の実証が待たれる。

さらに、どのような方法で学習能力を伸ばしていけばよいかについての研究も必要である。このような能力は、学ぶべき内容、ものごとの構成と使用の原理原則に関する客観的な事実や知識の学習や理解なしには培われず、豊富な知識に根差した上で、それまでの知識に新しい経験を統合（synthesize）することで、相互補完的に伸長するものと考えられている（Perkins & Salomon, 1989）。そのため、学習時には対象の使用に対する理解や感性を伸ばすような内容を使用すべきであり、機械的な暗記学習、空虚な内容を提示し方略のみを明示的に学ばせるような学習、演繹的学習法や帰納的学習法への偏りも避けるべきであろう。そして最適な学習方法は学習者個人により異なりうるという点も考慮すべき点である。

以上のような問題は外国語学習や教科学習をどのようにすべきかといった教育政策においても重要な課題だと考えられる。

引用文献

Adesope, O. O., Lavin, T., Thompson, T., & Ungerleider, C. (2010). A Systematic Review and Meta-Analysis of the Cognitive Correlates of Bilingualism. *Review of Educational Research, 80*(2), 207-245. doi:10.3102/0034654310368803

American Speech-Language-Hearing Association. (2004). Knowledge and Skills Needed by Speech-Language Pathologists and Audiologists to Provide Culturally and Linguistically Appropriate Services. *Knowledge and Skills*. Retrieved from http://www.asha.org/policy/ks2004-00215.htm

Bak, T. H., Long, M. R., Vega-Mendoza, M., & Sorace, A. (2016). Novelty, Challenge, and Practice: The Impact of Intensive Language Learning on Attentional Functions. *PLoS One, 11*(4), e0153485. doi:10.1371/journal.pone.0153485

Bialystok, E., Craik, F. I. M., & Luk, G. (2012). Bilingualism: Consequences for Mind and Brain. *Trends in Cognitive Sciences, 16*(4), 240-250. doi:10.1016/j.tics.2012.03.001

Bialystok, E. (2006). Effect of bilingualism and computer video game experience on the Simon task. *Can J Exp Psychol, 60*(1), 68-79.

Bialystok, E., & Barac, R. (2012). Emerging bilingualism: Dissociating advantages for metalinguistic awareness and executive control. *Cognition, 122*(1), 67-73. doi:10.1016/j.cognition.2011.08.003

Corder, S. P., & Allen, J. P. B. (1975). *Papers in applied linguistics*. London: Oxford University Press, 1975.

Costa, A., Hernandez, M., Costa-Faidella, J., & Sebastian-Galles, N. (2009). On the bilingual advantage in conflict processing: now you see it, now you don't. *Cognition, 113*(2), 135-149. doi:10.1016/j.cognition.2009.08.001

Council of Europe. (2001). *Common European Framework of Reference for Languages: Learning, Teaching, Assessment*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.

Crone, E. A., Wendelken, C., Van Leijenhorst, L., Honomichl, R. D., Christoff, K., & Bunge, S. A. (2009). Neurocognitive development of relational reasoning. *Developmental Science, 12*(1), 55-66. doi:10.1111/j.1467-7687.2008.00743.x

Cummins, J. (1979). Linguistic Interdependence and the Educational Development of Bilingual Children. *Review of Educational Research, 49*(2), 222-251. doi:10.3102/00346543049002222

de Sousa, D. S., Greenop, K., & Fry, J. (2010). The effects of phonological awareness of Zulu-speaking children learning to spell in English: A study of cross-language transfer. *British Journal of Educational Psychology, 80*(4), 517-533. doi:10.1348/000709910X496429

Ellis, R. (2011). *Language Teaching Research and Language Pedagogy.* West Sussex, U.K.: Wiley-Blackwell.

Erlam, R. (2003). The Effects of Deductive and Inductive Instruction on the Acquisition of Direct Object Pronouns in French as a Second Language. *The Modern Language Journal, 87*(2), 242-260. doi:10.1111/1540-4781.00188

Goel, V., & Dolan, R. J. (2004). Differential involvement of left prefrontal cortex in inductive and deductive reasoning. *Cognition, 93*(3), B109-121. doi:10.1016/j.cognition.2004.03.001

Gollin, J. (1998). Deductive vs. inductive language learning. *ELT Journal, 52*(1), 88-89. doi:10.1093/elt/52.1.88

Halász, G., & Michel, A. (2011). Key Competences in Europe: interpretation, policy formulation and implementation. *European Journal of Education, 46*(3), 289-306. doi:10.1111/j.1465-3435.2011.01491.x

Heit, E., & Rotello, C. M. (2010). Relations between inductive reasoning and deductive reasoning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 36*(3), 805-812. doi:10.1037/a0018784

Isaac, A. M. C., Szymanik, J., & Verbrugge, R. (2014). Logic and Complexity in Cognitive Science. In A. Baltag & S. Smets (Eds.), *Johan van Benthem on Logic and Information Dynamics* (pp. 787-824). Cham: Springer International Publishing.

Janus, M., Lee, Y., Moreno, S., & Bialystok, E. (2016). Effects of short-term music and second-language training on executive control. *J Exp Child Psychol, 144*, 84-97. doi:10.1016/j.jecp.2015.11.009

Jessner, U. (1999). Metalinguistic Awareness in Multilinguals: Cognitive Aspects of Third Language Learning. *Language Awareness, 8*(3-4), 201-209. doi:10.1080/09658419908667129

Johns, T. (1991). Should you be persuaded. Two samples of data-driven learning materials. *ELR Journal, 4*, 1-16.

Johnson-Laird, P. N., Khemlani, S. S., & Goodwin, G. P. (2015). Logic, probability, and human reasoning. *Trends in Cognitive Sciences, 19*(4), 201-214. doi:10.1016/j.tics.2015.02.006

Karmiloff-Smith, A. (1979). Micro- and Macrodevelopmental Changes in Language Acquisition and Other Representational Systems. *Cognitive Science, 3*(2), 91-118. doi:10.1207/s15516709cog0302_1

Kuo, L.-J., & Anderson, R. C. (2012). Effects of early bilingualism on learning phonological regularities in a new language. *Journal of Experimental Child Psychology, 111*(3), 455-467. doi:10.1016/j.jecp.2011.08.013

Macmillan, N. A., & Creelman, C. D. (1991). *Detection theory : a user's guide*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.

Mayer, R. E. (2004). Teaching of Subject Matter. *Annual Review of Psychology, 55*(1), 715-744. doi:10.1146/annurev.psych.55.082602.133124

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cogn Psychol, 41*(1), 49-100. doi:10.1006/cogp.1999.0734

Moreno, S., Lee, Y., Janus, M., & Bialystok, E. (2015). Short-Term Second Language and Music Training Induces Lasting Functional Brain Changes in Early Childhood. *Child Development, 86*(2), 394-406. doi:10.1111/cdev.12297

Paap, K. R., Johnson, H. A., & Sawi, O. (2015). Bilingual advantages in executive functioning either do not exist or are restricted to very specific and undetermined circumstances. *Cortex, 69*, 265-278. doi:10.1016/j.cortex.2015.04.014

Patel, A. D. (2003). Language, music, syntax and the brain. *Nat Neurosci, 6*(7), 674-681. doi:10.1038/nn1082

Peal, E., & Lambert, W. E. (1962). The relation of bilingualism to intelligence. *Psychological Monographs: General and Applied, 76*(27), 1-23. doi:10.1037/h0093840

Perkins, D. N., & Salomon, G. (1989). Are Cognitive Skills Context-Bound? *Educational Researcher, 18*(1), 16-25. doi:10.3102/0013189x018001016

Pinker, S. (1999). *Words and rules : the ingredients of language* (1st ed. ed.). New York: Basic Books.

Raven, J. C. (1941). Standardization of progressive matrices, 1938. *British Journal of Medical Psychology, 19*(1), 137-150. doi:10.1111/j.2044-8341.1941.tb00316.x

Reichenbach, H. (1947). *Elements of symbolic logic*. New York: Macmillan Co.

Ricciardelli, L. A. (1992). Bilingualism and cognitive development in relation to threshold theory. *Journal of Psycholinguistic Research, 21*(4), 301-316. doi:10.1007/bf01067515

Sullivan, M. D., Janus, M., Moreno, S., Astheimer, L., & Bialystok, E. (2014). Early stage second-language learning improves executive control: evidence from ERP. *Brain Lang, 139*, 84-98. doi:10.1016/j.bandl.2014.10.004

W. E., Pratt, C., Herriman, M. L., & Bowey, J. (1984). *Metalinguistic Awareness in Children: Theory, Research, and Implications*. Berlin: Springer-Verlag.

Vukovic, R. K., & Lesaux, N. K. (2013a). The language of mathematics: Investigating the ways language counts for children's mathematical development. *Journal of Experimental Child Psychology, 115*(2), 227-244. doi:10.1016/j.jecp.2013.02.002

Vukovic, R. K., & Lesaux, N. K. (2013b). The relationship between linguistic skills and arithmetic knowledge. *Learning and Individual Differences, 23*, 87-91. doi:10.1016/j.lindif.2012.10.007