HAL
open science

教授文書活動研究法

Luc Trouche, Ghislaine Gueudet, Birgit Pepin, Takeshi Miyakawa, Yusuke Shinno

To cite this version:

Luc Trouche, Ghislaine Gueudet, Birgit Pepin, Takeshi Miyakawa, Yusuke Shinno. 教授文書活動研究法. DAD-Multilingual, 2020. ⟨hal-02870657⟩

HAL Id: hal-02870657

https://hal.science/hal-02870657

Submitted on 16 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

教授文書活動研究法

Luc Trouche, Ghislaine Gueudet, & Birgit Pepin
日本語版作成：宮川　健 (Takeshi Miyakawa)
日本語版チェック：真野祐輔 (Yusuke Shinno)

要約

「教授文書活動研究法」は，「数学教育学百科事典 (Encyclopedia of Mathematics Education)」にある一つの項目 (Trouche, Gueudet, & Pepin 2018) であり，この項目は 2020 年に改訂された (Trouche, Gueudet, & Pepin 2020). 本稿は，この改訂版の日本語版 (adaptation) であり，14 の言語で作成されたコレクションの一部をなしている (https://hal.archives-ouvertes.fr/DAD-MULTILINGUAL).

「教授文書活動研究法」は数学教育学の理論である．その第一の目的は，教師が指導のためにデザインしたり用いたりするリソース（資料）と教師がいかに相互作用するのかを分析することにより，教師の職能開発を理解することである．本稿では，複数の研究プロジェクトから得た事例を通して，この研究法の発生とその背景，理論的基盤，主要な概念とそれに関連する方法論について説明する．本概説は研究者向けに書かれたものだが，文書研究法に興味を持つ専門外の研究者や大学院生にも読んでもらえればと考える．

Abstract

The ‘Documentation Approach to Didactics is an entry of the Encyclopedia of Mathematics Education (Trouche, Gueudet, & Pepin 2018). This entry has been updated in 2020 (Trouche, Gueudet, & Pepin 2020). This article is a Japanese adaptation of this updated version. It is part of a collection, gathering such adaptations in 14 languages (https://hal.archives-ouvertes.fr/DAD-MULTILINGUAL).

The documentational approach to didactics is a theory in mathematics education. Its first aim is to understand teachers’ professional development by studying their interactions with the resources they use and design in/for their teaching. In this text we briefly describe the emergence of the approach, its theoretical sources, its main concepts and the associated methodology. We illustrate these aspects with examples from different research projects. This synthetic presentation is written for researchers, but also for non-specialists (e.g. master students) interested in a first discovery of the documentational approach.

キーワード

カリキュラム関連教材; デジタルリソース; 文書創成; 操作不変量; リソースシステム; 指導のためのリソース; 教師の協働; 教師の職能開発.

Keywords

Curriculum materials; Digital resources; Documentational geneses; Operational Invariants; Resource systems; Resources for teaching; Teachers’ collective work; Teacher professional development.

1. はじめに

数学教師は日々の仕事においてカリキュラムやその他のリソース（資料）と相互作用している．リソースに関わる活動には，教室内外でリソースを選択したり，修正したり，新たに作り出したりすることがある．この創造的な活動を「教師の文書活動 (teacher documentation work)」，そしてその成果を「教師の文書成果物 (teacher documentation)」と呼ぶことにする．

カリキュラム関連の代表的なリソースは，紙媒体のリソース（例えば，教科書，学習指導要領やその解説，生徒のワークシート）や電子媒体のリソース（例えば，インタラクティブな電子教科書）である．しかしながら，今日，インターネット上のリソースをほぼ無制限に参照できるようになったため，教師は，逆に，数学指導のために教育的にも質的にも，より適切なリソースを選択することが難しいことがしばしば生じる．こうしたことから，リソースの研究，そしてリソースと数学教師との相互作用が重要な研究分野となった (e.g. Pepin, Gueudet, & Trouche 2013). それは単に，多くの国でカリキュラム改革がなされている中で，新たな教育目標や内容に応ずるための新しい教材が必要だから，という理由ではないのである．

カリキュラム関連のリソースに関わる教師の活動は，これまでにも多くの観点からそして多くの理論的視座から検討されてきた (e.g. Remillard 2005; Pepin, Gueudet, & Trouche 2013). 例えば，アメリカでは「実施されたカリキュラム (enacted curriculum)」という言葉を通しての研究がある．大陸ヨーロッパでは “Didaktik”

（教授学）[1]という共通の概念があり (e.g. Pepin *et al.* 2013), この言葉が, ヨーロッパのフランス教授学を起源とする「教授文書活動研究法 (DAD)」の特徴を説明してくれる.

2. 研究法の発生源

教授文書活動研究法 (DAD) は, ジスレーヌ・グデ氏とリュック・トルシュ氏が初めて導入し (Gueudet & Trouche 2009, Gueudet 2019), そしてビルギット・ペピン氏との共同研究によりさらに発展してきたものである (Gueudet, Pepin, & Trouche 2012). 当初は,「教授学的状況」や「社会的制約 (institutional constraint)」,「スキーム (scheme)」などの概念が中心的であったフランス数学教授学の伝統の流れを汲むものであった (Trouche 2016). 一方, DADは同時に社会文化的理論にも依拠していた. 具体的には, 認知過程に「媒介 (mediation)」(Vygotsky 1978) などの概念を考慮に入れている. さらに, DADが発展してきたのは, 情報とコミュニケーションのデジタル化に伴い, 新たな理論的アプローチが求められたためでもあった.

情報・コミュニケーションのデジタル化とインターネットの発達は, 確かに大きな変化をもたらした. すなわち, 多くのリソースを迅速に参照することと, 多くの人々とコミュニケーションをとることを容易にしたのである. このことは, 特に教育における考え方や振る舞い方に著しい変化をもたらした. それは,「静的な」リソースと「動的な」リソースとのバランス, 指導のためのリソースの「利用」と「デザイン」とのバランス,「個人活動」と「集団活動」とのバランスなどである (Pepin, Choppin, Ruthven, & Sinclair 2017). こうした現象を考慮に入れ, DADは,「リソース（資料）」というレンズを通して教師の活動を分析するといったパラダイム転換を提起したのである. ここでのリソースは, 指導におけるものそして指導のためのものである. すなわち, 授業のために教師が準備するリソース, そして授業によって刷新されるリソースである.

フランス教授学の伝統に加え, DADにはさまざまな関連研究領域のアイデアが採用されてきた. とりわけ,「テクノロジー利用」の領域,「リソースやカリキュラム開発」の領域,「教師教育や教師の学習」の領域,「情報アーキテクチャ」の領域である.

テクノロジー利用の領域では, DADの主要な基盤は「道具研究法 (instrumental approach)」である. この理論は, 認知人間工学においてラバルデル氏によって構築され (e.g. Vérillon & Rabardel 1995), それから数学教授学に入ってきたものである (Guin & Trouche 2002; Guin, Ruthven, & Trouche 2005). そこでは, ユーザーが使う「モノ (artefact)」とユーザーが開発した「道具 (instrument)」が区別される. 関連概念は,「創成 (genesis)」,「用具化 (instrumentation)」,「道具化 (instrumentalisation)」であり[2], これらはDADにおいても本質的なものである（3節参照）.「道具研究法」は,「個別」に用いられる新しいツール（電卓, CAS, DGSなど）の導入に教師が直面した時期に発展してきたものである. しかしDADの場合は, 教師が多くの多様な「リソース」に（インターネットを通して）囲まれていることから, 道具研究法だけでは十分でなかった.

こうした「リソース」の多様性に注意を向ける中で,「リソースを考えるということを, 動詞の re-source, すなわち再度もしくは異なった仕方で資源を供給することとする」(Adler 2000, p. 207) といった Adler の捉え方に出会った. この捉え方を採用し, DADは, 教師の活動に資源を供給しうる非常に幅広いリソース（教科書, デジタルリソース, 同僚とのメール交換, 生徒のワークシートなど）, すなわち「教師へ語りかける」リソース (Remillard 2005), そして指導の取り組みを支援するリソースを考慮に入れるようになったのである.

このようにリソースを広く捉えることにより, 教師の専門的な学習についても広い捉え方が可能となる. Ball, Hill, & Bass (2005) が「指導のための数学的知識」についての研究で述べるように, 指導は教室内の仕事に矮小化されるものではなく, 計画し, 評価し, 成績をつけ, 保護者と話すなどといった仕事をも含むのである. DADでは, 教師のリソースとの相互作用を通して教師の仕事を捉え, そして（Cooney 1999にしたがって）実践の変化と専門的な知識や信念の変化が（3節で説明するように, ある特定の仕方で）結びついていることを確認するのである.

---

[1]（日本語版注）大陸ヨーロッパでは, アングロサクソン諸国で用いられる education という語よりも didaktik に相当する語が伝統的に用いられてきた (Blum, Artigue, Mariotti, Sträßer, & Van den Heuvel-Panhuizen 2019). この語は指導と学習についての技術と研究を意味し, 指導内容の固有性を考慮に入れることが多いため, 日本の教科教育学にほぼ相当する.

[2]（日本語版注）instrumentation と instrumentalisation の日本語訳は悩ましいところである.「用具」が「その事をするための道具」（広辞苑 第七版）というように特定の機能をもつ道具を意味するため, 前者のモノ (artefact) が利用者の人間に影響を与え, モノがもつ本来の機能を使うようになる過程を「用具化」とした. 一方,「道具」が「用具」よりも人間の影響を受けている印象を与えるため, 後者の人間がモノに影響を与え, 機能を変形したり新たに割り当てたりして自らのモノとする過程を「道具化」と呼ぶことにした.

リソースを教師の仕事に資するものとして検討すると，リソースに関わる活動を通してある特定の目的で教師が作り出すものを説明する言葉が必要となる．そこで，私たちは「文書 (document)」という言葉を採用した．この言葉は，情報アーキテクチャの領域で「何かしらの意図をもつもの」を設計することに対してすでに用いられており (Salaün 2012)，ある特定の文脈で特定の使用方法がすでに割り当てられていた．この選択が「教授文書活動研究法」という名称の起源である．

さらに，インターネットを通してコミュニケーションが容易になったことにより，ネットワーク，オンラインの団体，フォーマル・インフォーマルなコミュニティなど，教師の協働の幅広く多様な形態が出現してきた．このことに関連して，ウェンガーの「実践共同体」の理論 (Wenger 1998) と，「参加 (participation)」，「交渉 (negotiation)」，「物象化 (reification)」の概念は，教師集団による指導リソースのデザイン活動を専門的な学習過程として分析する上で，非常に有効なものであった (Gueudet, Pepin, & Trouche 2013).

ここまでDADという理論的アプローチの発生とその背景について述べてきたので，次節では，DADの構造，中核をなす概念の詳細について述べよう．

3. 教授文書活動研究法：教師の仕事に対する全体的なアプローチ

本節では，DADの「成分」と，そこに含まれる過程について述べる．とりわけ，リソース，文書，創成，用具化，道具化といった用語を定義する．

「数学のカリキュラムリソース」とは，教師と生徒が数学と関わることにおいて利用したり作り出したりするすべてのリソース（デジタルでインタラクティブなもの，非デジタルの従来的なものなど）を意味する．それは，教室内の指導・学習において用いられるもの，指導・学習のために教室外で用いられるものすべてであり，これには，デジタルカリキュラムリソース (Pepin, Choppin, Ruthven, & Sinclair 2017) も含まれる．Pepin and Gueudet (2018) は，デジタルカリキュラムリソースと教育テクノロジーを区別し，さらに，「物質的カリキュラムリソース」（例：教科書，デジタルカリキュラムリソース，教具，電卓など），「社会的リソース」（例：ウェブ上の掲示板での会話），「認知的リソース」（例：教師の活動に使用される枠組みや理論的ツール）も区別する．DADは主に教師の活動の分析に適用されてきたが，教師教育者の活動 (e.g. Psycharis & Kalogeria 2018)，または学生のリソースとの相互作用 (e.g. Kock＆Pepin, 2018) の研究にも利用できる．

過程に関しては，特定のリソースまたはリソースの集まりと相互作用しながら，教師はリソースに対する特定の「利用スキーム (scheme of usage)」を作り上げる（4節を参照）．このスキームは，同じリソースを使用していても，教師の気質や知識に応じて異なる可能性がある．すなわち，成果物は「文書」であり，次のように示せる．

「リソース (resources)」＋「利用スキーム (scheme of usage)」＝「文書 (document)」

文書を作り上げる過程（教師の学習を含む）を言い表すために，「文書創成 (documentational genesis)」という言葉が生まれた (e.g. Gueudet & Trouche 2009).

Pepin, Gueudet, and Trouche (2013) は，「教師の活動と相互作用へ資源を再供給すること (re-sourcing)」についての理論的な視座を提供している．文書活動研究法では，リソースの「利用」をインタラクティブで変化をもたらしうる過程と捉える．この過程は両方向から機能する．すなわち，一方でリソースによる支援が教師の実践に影響を与え（「用具化 (instrumentation)」過程），他方で教師の気質や知識が種々のリソースの選択と変化をもたらす（「道具化 (instrumentalisation)」過程）（図1）．このように，DADでは，用具化と道具化が組み合わさった教師とリソースの相互作用や往還という性質に着目する (Vérillon & Rabardel 1995)．これらの過程には，デザイン，再デザイン，または「利用中のデザイン」の実践が含まれている（教師は「その場・その時点」で文書を変更したり，指導上の必要に応じて文書を変更したりする）．

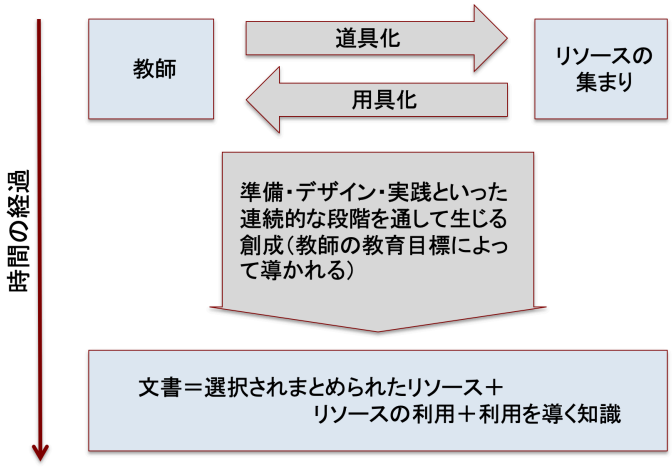


図 1　文書創成の図式

DADでは，教師とリソース間の相互作用のモデルが提案されている．このモデルは，教師の専門的な学習について示唆を与えてくれる．インターネット上には膨大な量の潜在的には適切な材料があるが，インターネットは必要な検索や選択に対して適切な支援を必ずしも提供してくれない．こうした支援が必要となるのは，他のリソース（教科書など）と組み合わさった特定の（おそらくインタラクティブな）学習リソースを探そうとするとき，とりわけ指導の内容と方法に関わる特定の期待に沿ったリソースを探そうとするときである．換言すれば，多くの場合，教師に与えられるものは「レンガの山」であり，これらのレンガを組み合わせて生徒の一貫した学習軌道をいかに構築するのか，その方法についての支援は十分に提供されていないのである．特定の学習過程を補完してくれるような課題を探す場合でも，柔軟に利用できる電子教科書を通して学習の順序を計画する場合でも，教師は自らの「デザイン能力 (teacher design capacity)」(Pepin, Gueudet, & Trouche 2017) を高めてくれるような専門的な支援が必要になる．その能力とは，学習リソースの数学面と教育面に対する注意深さや感受性，そしてそれらを利用するための柔軟性である（事例1を参照）．このことは DAD の立場と合致しており，そのため，Wang (2018) は教師のデザイン能力が教師の「文書活動の専門性 (documentational expertise)」の一部をなすと考えるのである．

事例1　中等学校におけるリソース：ヴェラの文書活動

ヴェラは，Sésamath で活動する多くの数学教師の一人である (Gueudet et al. 2013; Pepin et al. 2017)．Sésamath は，フランス中等学校数学教師の団体であり，そのメンバーは2001年以来，インターネット上（http://www.sesamath.net/）でインタラクティブな電子教科書を開発し無料で提供してきた．ヴェラが新しい授業を実践した際の文書活動を分析した．ヴェラは第8学年で百分率を教えるのが初めてであり，彼女はこの授業のためにSésamathのリソースを含む多様な資料を利用した．

分析では授業サイクルに焦点が当てられた．それは，授業の準備，授業の実践，生徒の理解の評価，ヴェラの活動についての振り返り，というサイクルである．このような授業サイクルは，DADを支えるアイデアに沿ったものである．デザインについては，特定の内容を教えるための特定のリソースの最初のデザインに限定されるものではなく，リソースの利用中も継続されるものである．ヴェラのデザイン活動には，例えば，生徒に応じて異なった演習問題を提示することを目的に，LaboMEP（Sésamathのツールの一つ）の利用が含まれていた．このツールが，授業を能力別に分けて進める必要性をヴェラに気づかせたのである．LaboMEPには問題の構造は同じであるが発展的な演習問題も示されている．ヴェラは，このことが自らの指導力を向上させようと思う強い動機となったと話した．つまり，よく知っている演習問題のみならず，特定の授業に関して同じ数学的構造を持つ発展的な問題にも精通することにより，指導力を向上できると考えたのである．

これらの結果は，ヴェラの指導上の柔軟性の向上，すなわち，効果的な数学指導を目指して，既存のカリキュラムリソースを効果的に選択，利用，変形し，新たな教材を設計・構築する際のデザイン能力の向上を示すものとして解釈される．

指導はしばしばデザインと見なされる．このことはBrown (2009) の考えに沿ったものである．Brownは，指導がデザインであるという解釈，およびデザイナーとしての教師という考え方が一連の認知理論に適合すると主張する．ここでの認知理論は，「個人と，目標を達成するために用いるツールの間に存在する非常に重要

な連携関係に着目する. ... そして，人間の達成を左右するのは個人の能力のみならず，個人が使用するモノの支援でもある」(p. 19). このように，Brown (2009) は，ここでの関係を相互関係と捉える. すなわち，「デザイン」の活動は，教師の能力に依存するだけでなく，教師と（カリキュラム）リソース間の相互関係，つまり，ここで問題となる「教師とツールの関係」にも依存するのである. カリキュラムリソースへの依拠がこの関係に影響を与えるのである. このことは，DADの考えに一致している. DADにおいて，デザイナーとしての教師は，特定の（指導）目標を達成するために，既存のものと新しいものを組み合わせて，「何か新しいもの」をデザインし作り出すといった意識的でよく検討された行為を実行する者であるとされる (Pepin, Gueudet, & Trouche 2017). このことは，次節で定義される「利用スキーム」がよりよく説明してくれる.

4. 研究法を深める：スキームとシステム

「スキーム (scheme)」(Vergnaud 1998) の概念は DAD において中心的なものである. この概念は，目的が同じ活動を生じさせる専門的な状況の集まりを意味する「状況のクラス (class of situations)」の概念と密接に関連している. 例えば，上の事例では，「第 8 学年の学級内のばらつきに対処すること」がヴェラの状況のクラスであった. ある状況のクラスに対して，主体（ここでは教師）は何かしらの安定した活動を行う. これはすなわちスキームをもっていることを意味する. スキームとは，次の 4 つの構成要素からなるものである.

- 活動の目的（状況のクラスを特徴づけるもの）
- 行動規則，情報収集規則，および管理規則
- 操作不変量 (operational invariants)：互いに関連する二種類の知識に関わる構成要素であり，真とみなされる命題である「行動定理 (theorem-in-action)」と，関連するとみなされる概念を意味する「行動概念 (concept-in-action)」（以下の例を参照）
- 種々の状況への推論・適応可能性

教師は，自らの活動において，新しい行動規則を組み込むことにより自らのスキームを充実させたり，新たなスキームを作ったりする. スキームは学習を分析するためのモデルである. DAD で重要になるスキームは，特定のリソース（またはリソースの集まり）に対する利用スキームである. なぜならば，前節で提示した関係式にまとめられるように，リソースとスキームが文書を構成するからである.

教師が用いるすべてのリソースの集まりは，この教師の「リソースシステム (resource system)」と呼ばれる. ここでのリソースは，文書を形成する利用スキームに関連付けられている（同じリソースが複数の文書となる場合もある）. さらに，教師が作り上げた文書は，教師の「文書システム (document system)」と呼ばれるシステムを形成する. その構造は，教師の専門的な活動をその目的に応じて構成する状況のクラスの構造に従う.

共同で授業を準備するグループなど，教師が文書活動を共有する際，共有されたリソースシステムを開発することもある (Trouche, Gueudet & Pepin 2019). その場合でも，グループのメンバーは同じリソースに対してそれぞれ異なったスキームを作り上げ，その結果，さまざまな文書が開発される (Pepin & Gueudet 2020).

事例 2 では，小学校におけるリソースの場合に，操作不変量，リソースシステム，および文書システムがいかなるものか示した.

事例2　小学校におけるリソース：仮想そろばんの例

仮想そろばん（図 2）は，オンラインリソースを開発しているフランスの数学教師の団体である Sésamath（事例 1 を参照）により開発された無料のソフトウェアである[3].

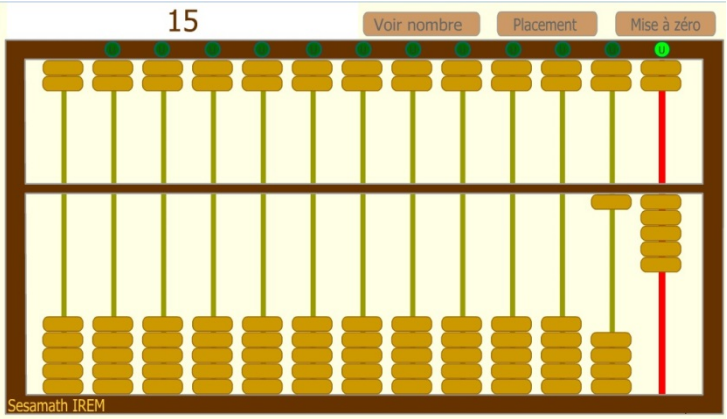


図 2. 仮想そろばん

中国そろばんは，「読取り棒 (reading bar)」と呼ばれる中央の横棒で 2 つの部分に分かれている．この横棒にひっついている珠（たま）のみが「アクティブ（実際に用いられるもの）」と見なされる．珠には，5 単位の珠（2 つ）と 1 単位の珠（5 つ）の 2 種類がある．このそろばんは，13 本の縦棒で構成されている．各棒は，位取り法に基づいており，右から左へ，一，十，百などの位がある．中国そろばんでは同じ数を表現するにはいくつかの可能性がある．例えば，15 は 6 つの珠を用いて図 2 のそろばんのように表現できる（珠が十の位に 1 つ，一の位に 5 つ）．一方で，右側の一の位の 5 つのたまを同じ棒の 5 単位の珠 1つに置き換えることにより，2 つの珠のみを用いて同じ数を表現することもできる．

カルロスは，3 年間にわたって調査に協力してもらったベテランの小学校教師であり (Poisard, Bueno-Ravel, & Gueudet 2011)，小学校第3学年の授業で数を教えるためにそろばんを使うことにした．数学（算数）の教科書でそろばんを使った活動は知っていたが，仮想そろばんをみつけるまで授業でそれを使おうとは思っていなかった．実際の授業は次のように進められた．まず，実物のそろばんから始め，児童はそれを使ってそれがどのように機能するのか予想を立てる．それから児童たちは仮想そろばんを用いてその使用方法を書く．その後，教師は，そろばんに表示された数を表現する演習問題とそろばんに表示された数を読む演習問題を与える．最終的な評価においては，ソフトウェア上で児童が試行錯誤することを避けるため，同様の演習問題を紙で与えた．

この授業について，カルロスは，仮想そろばんとその他の関連リソースを組み込んだいくつもの文書を作り出している (Poisard, Bueno-Ravel, & Gueudet ibid).「そろばんのしくみを発見する」という目的で，実物のそろばんと仮想のそろばんの両方を使い，児童たちにポスターを作らせた．教師にとってはそろばんの原理を児童たちが自ら発見することが大事であったのである．これは一つの操作不変量に対応している．すなわち，「児童たちは自分たちが出会う新しいツールの利用方法を可能な限り自ら発見しなければならない」という行動定理である．これはさらに，「自力発見 (self-discovery)」という関連する行動概念にもつながっており，両者とも，カルロスが仮想そろばんに出会う前に作り出されたものである．彼の選択に影響を与えたもう一つの操作不変量は，「3 年生の児童においては物質的なリソースを操作することが重要である」というものである．「そろばんのしくみを発見する」という目的をもつスキームは，これら3つの操作不変量と次の関連する行動規則で構成されている．すなわち，「操作を補助するために児童に実物そろばんを提案する」，「どの数が表示されているか確認できるように仮想そろばんを提示する」というものである．

そろばんを使った授業では，カルロスは，「そろばんで与えられた数を表す」という演習問題で，児童が仮想そろばんを用いると「数の表示」のボタンを使って試行錯誤する方法を使うことを観察した．そのため，最終的な評価を紙で行うことにしたのである．ここでは，「そろばんでいかに数を表現するのかを児童に教える」ことを目的に新たな文書が作り出されている．この文書には，仮想そろばんだけでなく，紙に描かれたそろばんも組

[3] ソフトウェアとその他のリソースは次のホームページを参照のこと．http://seminaire-education.espe-bretagne.fr/?page_id=611

み込まれており，さらに「仮想そろばんでは，児童は試行錯誤の方法を使うことができる」といった操作不変量が組み込まれている．

カルロスは経験豊富な小学校教師である．3年生に数を教えるために，彼は何年にもわたってリソースと文書の（サブ）システムを開発してきた．そろばんは，これらのリソースおよび新たな文書に組み込まれた．文書のいくつかは，「そろばんの仕組みを発見する」，「そろばんで数を表す方法を児童に教える」など，そろばんに直接関わる目的に対応している．他の文書では，そろばんは目的には現れないものの，別の目的のために用いられた．例えば，「十進位取り法の原理を教える」という目的のために，彼はそろばんを使って「まとまりを作ることと交換」の原理を明確化した（縦棒の 2 つの 5 単位の珠でまとまりを作り，次の縦棒の 1 単位の珠と交換するなど）．児童が書いたポスターなど，彼のリソースシステムの他のリソースもこれらの文書に関わっている．リソースのいくつかは，彼がそろばんを用いるという選択において決定的であった．特に教科書は，授業でそろばんを用いる可能性に出会う最初の機会となった．

教師の文書システム全体は，独自の構造をもつ多くのサブシステムから構成されている．例えば，図形のサブシステムや評価のサブシステムのように，特定の数学的内容や特定の活動に結びついたものである．また文書システムは，活動についてのかなり一般的な考えから，ある特定の数学的内容に焦点化したものまで，さまざまなレベルで説明されうる．数学教育学研究では，数学的内容を考慮したより具体的なレベル（「第8学年の百分率に対する生徒の技能を評価する」など）での説明が，教師とリソース間の相互作用とその成果についてより有益なものとなろう．さらにDADでは，教師の文書活動を分析するには固有の方法論が必要となるが，それについては次節で述べることにしよう．

5. 反省的調査：発展途上の方法論的構成物

本節では，まずDADの典型的な研究デザインと，このデザインの基礎となる原理を提示する．次に，これらの原理を説明するツールの一つについて述べ，最後に，反省的調査の方法論が直面しているいくつかの課題をあげる．文書活動を通して教師の活動を分析するには，次の三点を考慮する必要がある．第一に教師の活動に用いられ，作り出されるさまざまなリソース，第二に教師の活動に影響を与えるさまざまな相互作用（集団的，制度的，社会的），第三に文書創成を生じさせるための時間である．これらについての認識論的な考察により，DADは「教師の文書活動に関する反省的調査」と呼ばれる固有の方法論を開発するに至った．

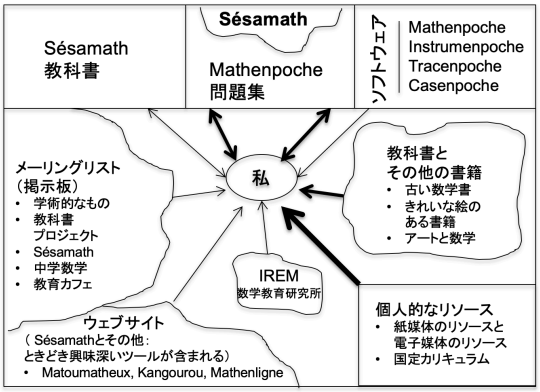
この方法論は教師自身に重要な役割を与え，次の5つの主要原理によって支えられている[4]．

- 文書活動の過程で利用され作成される「物質的リソースの幅広い収集」の原理．
- 「長期的フォローアップ」の原理．創成は進行中の過程であり，スキームは長期間にわたって徐々に作られる．
- 「教室内外のフォローアップ」の原理．教室は，入念に準備された授業が実施される重要な場所であり，そこでは適応，修正，即興が生じる．ただし，教師の仕事の重要な部分は，学校（例えば，職員室），自宅，教師育成センター/プログラムなど，教室外でも行われる．
- 文書活動の「反省的フォローアップ」の原理．
- 「文書活動に対する教師の見方および文書活動の物質性に向き合う」原理（物質性は，例えば物質的リソースの収集や教師の授業実践に由来する）．

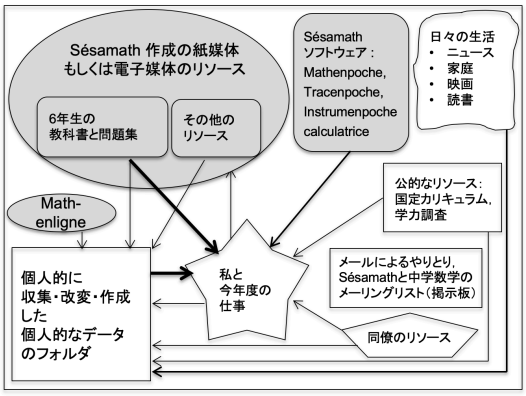
この方法論の実践には，教師の積極的関与が必要となる．なぜなら教師は，（研究者の直接的な観察を超えて）文書活動へアクセスできる者だからである．また，そうした積極的関与は，教師を内省的な態度に導く反省的なスタンスを生み出し，ときにはリソースシステム内の隠れたリソースもしくは隠れたつながりを可視化してくれる．これらの原理と長期間にわたるデータ収集の目的は，研究者が最初から教師に明確に提示しなければならないものである．この必要性から，Sabra (2016) は，教師の文書活動を追跡する研究者と教師とを結ぶ「方法論的契約 (methodological contract)」の概念を提案するに至った．

これまで，上記の原理に基づいてデータ収集方法とツールをデザインし，さまざまな文脈と研究課題に利用してきた．例えば，「教師のリソースシステムの図式表現（schematic representation of a teacher's resource system）」（SRRS，図3を参照）は有効なツールであった．教師に自らのリソースマップの作成を依頼することにより，あるリソースがどのようなリポジトリからどのような目的で採用され用いられたのかを明確化できる (e.g. Pepin, Xu, Trouche, Wang, 2017).

[4] Gueudet & Trouche (2012, p. 27) は最初の四つの原理のみを提示している．五つ目の原理は DAD の枠組みで進めてきた研究から徐々に生じてきたものである．



図の上部に，教科書，問題集 (Mathenpoche)，ソフトウェアなどのSésamathのリソースが表示されている．矢印の違いにより活動の種類が区別されている．授業準備には太い線，演習の準備には中太の線，活動の準備には細い線といったようにである．矢印のほとんどは，ピエールの指導の中核をなす問題解決，オープンエンドの問いといった活動に関するものである．



1年間にわたる反省的なフォローアップにより，ピエールは同僚を「リソースの情報源」の一つとして「気づく」（彼の言葉）ようになる．

ピエールはまた，Sésamathのリソースからやや「距離」をおくようになった（彼の言葉）．彼の新しいSRRSには，新たに着想を得たリソース（映画，読書など）が登場している．

ピエールはフランスの中学校の数学教師であり，特に Sésamath（事例1を参照）での集団的な文書活動に多く関わっている．2009年2月（左図）とその後の2010年2月に（右図）にSRRSを描くように依頼した．

図 3. 教師の SRRS (Gueudet, Pepin & Trouche 2012, pp. 314 & 318)

DADの開始以来，SRRSというツールはいくつかの方向に発展してきた．

- 化学教育について研究している Hammoud (2012) は，SRRSをマインドマップとして分析する方法を提案した．Hammoudはまた，SRRSを用いて，同僚とのやり取りやさまざまな集団内でのやり取りを描写するように教師に依頼した．
- Rocha (2018) は，SRRSを「教師のリソースシステムの反省的マッピング (Reflective mapping of teacher resource system)」（RMRS）と名称を変更した．それは次の二つの理由からである．すなわち，反省の役割を際立たせるためと，「マッピング」という言葉が未知の領域を徐々に探索する過程を意味するため（研究者にとってではあるが，ある程度は教師自身にとっても）である．Rochaの研究では，特定の「指導」と改革の進展（特定のリソースに結びついたもの）がどの程度「新たな」RMRSに見られるかを調査するため，さまざまな時期にRMRSを描くよう教師に依頼した．さらに，前出の5番目の原理にしたがい，教師に自らが作成したRMRSと向き合わせ，研究者が作成した「教師リソースシステムの推定マッピング（Inferred mapping of teacher resource system）」(IMRS) と呼ばれるものを開発した．

こうした特定のツールを超えて，教師の文書活動が生じた際に「真の」文書活動に可能な限りアクセスするために，反省的調査の新しい方法論の開発が進められた．それは，公的な場面（教室など）のみならず，年間の授業準備やその修正など，閉ざされた場面においても，リソースと相互作用する教師を観察することである．このような連続した場面のビデオ撮影によるフォローアップを通して (Bellemain & Trouche 2016)，文書活動の過程で教師の用いるジェスチャーや言葉にアクセスし，そこからスキームの要素を特定することができるようになった．ただ，この種のフォローアップにはいくつかの困難をも伴う．以下に，そのいくつかをあげよう．

- どのような「自然な」状況下で教師が一人でリソースとかかわる仕事をするのか，同時に，教師の活動の根拠をいかに説明できるのか．Wang (2018) は，文書活動を定期的に共有する教師（同僚）を意味する「文書活動仲間 (documentation-workmate)」の概念を導入する．一緒に働く二人の教師をフォローアップすることにより，お互いの説明から情報を得ることが可能となり，さらに文書活動をサポートする教師の知識面を分析することが可能となった（Trouche et al. 2019）;
- 教師の文書活動のフォローアップから得られた不均一で多数のデータを分析していくために，それらをいかに整理・保存することが可能か．この課題には，データを整理・保存するプラットフォームの試

作品を開発する AnA.doc プロジェクト (Alturkmani, Daubias, Loisy, Messaoui, & Trouche 2019) の範疇で取り組まれている．そこでは，継続的な分析のために，そしてデータとその分析の両方を研究コミュニティ内で共有するために，ビデオとともに，教師の文書活動において用いられ作成されたリソースを保存できる．

教師の文書活動の分析は複雑な過程である．反省的調査の5つの原理は，方法論的な選択に対する指針を与えてくれる．一方，これらの原理を利用する研究者は，豊富なデータを限定するために何かしらの選択に迫られる．例えば，教師の文書活動における本質的な瞬間の選択（「文書活動インシデント (ducumentational incidents)」の概念，Sabra 2016 を参照）．または教師のリソースシステムにおける本質的なリソースの選択（「中心となるリソース (pivotal resource)」，Gueudet 2017を参照）である．これらの研究は進行中ではあるが，方法論的な課題は概念的な課題とより密接に関連づけて検討する必要がある．

6. さらなる進展への展望

教授文書活動研究法は，数学教育学における比較的新しい理論的枠組みである．2節および3節において示した概念（リソース，文書，文書創成）は，現在では確立されたものとなっているが，「リソースシステム」や「文書システム」などのより複雑な概念はさらに発展しつつある．そこで生じるさらなる問いは，例えば，中等学校の数学教師の場合に，何らかの専門的な経歴をもつ教師の文書システムは異なるタイプの構造をもっているのか，教師グループ（特に実践共同体）は共通の文書システムを共有しているのか (e.g. Pepin & Gueudet 2020)，といったものである．

また，DADの応用領域は長年にわたって進化してきた．教育段階に関しては，これまでに，就学前 (Besnier 2019) から大学 (Gueudet 2017; Kock & Pepin 2018) にまで及んでいるだけでなく，リソースに関わる教師教育者の仕事も研究対象となっている (Psycharis & Kalogeria 2018)．学問領域に関しては，文書活動研究法は物理学や化学などの実験科学 (Hammoud 2012) や言語教育 (Quéré 2019) でも利用されている．そこで生じる問いは，こうした新しい文脈における教師の文書活動と文書システムの固有性は何であろうか，といったものである．

さらに，さまざまな社会的および文化的文脈（ブラジル，中国，レバノン，ノルウェー，セネガルなど）でDADを利用することにより，リソースに伴う教師の活動の「文化的な特色」についての問いも生じる．例えば，日々の文書活動で教師が用いるさまざまな言葉のシステムはどのようなものだろうか，文化圏によって異なる「教師のデザイン」に関する認識と実践はいかなるものか (e.g. Pepin, Artigue, Gitirana, Miyakawa, Ruthven, & Xu 2019)，などといった問いである．この多様性は，教師の仕事が進められる歴史的，社会的，文化的な文脈の結果である．これらの問いを追究することにより，教師とリソースとの相互作用の本性についてより詳細な理解が可能となり，DAD関連の概念をさらに深めることができるであろう．

最近の研究では，リソースに関わる学生の活動が研究されている (e.g. Kock & Pepin 2018)．その他の研究 (e.g. Gueudet & Pepin 2018; Trouche, Gitirana, Miyakawa, Pepin, & Wang 2019) では，他の理論との関連の可能性が示されている．例えば，教授学的状況理論 (Brousseau 1997) では，個々の学習者が数学的状況において相互作用するすべての対象を「ミリュー」という概念で捉える．これらの対象はリソースと見なすことができる．では，そのような理論的な関連づけは何をもたらしてくれるのであろうか．

DADを用いて研究する現象の範囲が広がるにつれて概念と方法もまた発展する．このことは，DADに関する数多くの研究発表，出版物，および専門会議 (e.g. Re(s)sources 2018 International Conference, see Gitirana, Miyakawa, Rafalska, Soury-Lavergne, & Trouche 2018; Trouche, Gueudet & Pepin 2019) から明らかである．このようなイベントや出版物は，開発すべき「不足しているリソース」があることも示しており (Trouche 2019)，こうした研究と活動が，生きて働く理論的枠組みの継続的な発展における試金石となるのである．

References

Adler, J. (2000). Conceptualising resources as a theme for teacher education. *Journal of Mathematics Teacher Education, 3*, 205–224.

Alturkmani, M., Daubias, P., Loisy, C., Messaoui, A., & Trouche, L. (2019). Instrumenter les recherches sur le travail enseignant : le projet AnA.doc. *Education & didactique*, *13*(2), 31-60.

Ball, D. L., Hill, H. C., & Bass, H. (2005). Knowing mathematics for teaching. Who knows mathematics well enough to teach third grade, and how can we decide? *American Educator*, *30*(3), p. 14–17, 20–22, 43–46.

Bellemain, F., & Trouche, L. (2016). *Comprendre le travail des professeurs avec les ressources de leur enseignement, un questionnement didactique et informatique*, conférence invitée au premier symposium latino-américain de didactique des mathématiques, Bonito, Brazil, 3 novembre, https://drive.google.com/file/d/0B6OphkgfrkD3ZFRtTDJ2anRfSWM/view

Besnier, S. (2019). Travail documentaire des professeurs et ressources technologiques : le cas de l'enseignement du nombre à l'école maternelle. *Education & Didactique, 13*(2), 119-153.

Blum, W., Artigue, M., Mariotti, M.A., Sträßer, R., & Van den Heuvel-Panhuizen, M. (2019). European Didactic Traditions in Mathematics: Introduction and Overview. In Blum W., Artigue M., Mariotti M., Sträßer R., & Van den Heuvel-Panhuizen M. (Eds.) *European Traditions in Didactics of Mathematics* (pp. 1-10). ICME-13 Monographs. Cham: Springer.

Brousseau, G. (1997). *Theory of didactical situations in mathematics: Didactique des mathématiques 1970 – 1990*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Brown, M. W. (2009). The teacher-tool relationship: Theorizing the design and use of curriculum materials. In J. T. Remillard, B. A. Herbel-Eisenmann & G. M. Lloyd (Eds.), *Mathematics teachers at work: Connecting curriculum materials and classroom instruction* (pp. 17–36). New York: Routledge.

Cooney, T. J. (1999). Conceptualizing teachers' ways of knowing. *Educational Studies in Mathematics, 38*, 163-187.

Gitirana, V., Miyakawa, T., Rafalska, M., Soury-Lavergne, S., & Trouche, L. (Eds.) (2018). *Proceedings of the Re(s)sources 2018 international conference*. ENS de Lyon, retrieved at https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01764563

Gueudet, G. (2017). University Teachers' Resources Systems and Documents. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education, 3*(1), 198-224.

Gueudet, G. (2019). Studying Teachers' Documentation Work: Emergence of a Theoretical Approach. In L. Trouche, G. Gueudet, & B. Pepin (Eds.), *The 'resource' approach to Mathematics Education*. Springer series Advances in Mathematics Education (pp. 447-489). Cham: Springer – This chapter originates from a lecture given to the Re(s)sources 2018 International Conference. Video in English, with French subtitles at http://video.ens-lyon.fr/ife/2018/2018-05-28_003_ Ressources2018_Ghislaine_Gueudet_v1.fra.mp4 -

Gueudet, G., & Pepin, B. (2018). Didactic contract at university: a focus on resources and their use. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education 4*(1), 56-73.

Gueudet, G., Pepin, B., & Trouche, L. (Eds.) (2012). *From Text to 'Lived' Resources: Mathematics Curriculum Materials and Teacher Development.* New York*:* Springer*.*

Gueudet, G., Pepin, B., & Trouche, L. (2013). Collective work with resources: an essential dimension for teacher documentation. *ZDM Mathematics Education, 45*, 1003–1016.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2009). Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics, 71*(3), 199-218.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2012). Teachers' work with resources: documentation geneses and professional geneses. In G. Gueudet, B. Pepin, & L. Trouche (Eds.), *From Text to 'Lived' Resources: Mathematics Curriculum Materials and Teacher Development* (pp. 23-41). NY: Springer.

Guin, D., & Trouche, L. (Eds.) (2002). *Calculatrices symboliques : transformer un outil en un instrument du travail mathématique, un problème didactique*. Grenoble : La pensée sauvage.

Guin, D., Ruthven, K., & Trouche, L. (Eds.) (2005). *The didactical challenge of symbolic calculators: turning a computational device into a mathematical instrument*. New York: Springer.

Hammoud, R. (2012). *Le travail collectif des professeurs en chimie comme levier pour la mise en œuvre de démarches d'investigation et le développement des connaissances professionnelles. Contribution au développement de l'approche documentaire du didactique.* Ph.D. Lyon 1 University. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00762964

Kock, Z.-J., & Pepin, B. (2018). Student use of resources in Calculus and Linear Algebra. In V. Durand-Guerrier, R. Hochmut, S. Goodchild, & N.-M. Hogstad (Eds) *Proceedings of INDRUM 2018*, (pp. 336-345). University of Agder, Norway and INDRUM.

Pepin, B., Artigue, M., Gitirana, M., Miyakawa, T., Ruthven, K., & Xu, B. (2019). Mathematics teachers as curriculum designers: an international perspective to develop a deeper understanding of the concept. In L. Trouche, G. Gueudet, & B. Pepin (Eds.). *The resources approach to mathematics education* (pp. 121-144). Cham: Springer.

Pepin, B., Choppin, J., Ruthven, K., & Sinclair, N. (2017). Digital curriculum resources in mathematics education: foundations for change. *ZDM Mathematics Education, 49*(5), 645- 661.

Pepin, B., & Gueudet, G. (2018) Curriculum resources and textbooks in mathematics education. In Lerman, S. (Ed.) *Encyclopedia of Mathematics Education.* Cham: Springer.

Pepin, B., & Gueudet, G. (2020). Studying Teacher Collaboration with the Documentational Approach: From Shared Resource to Common Schemes? In H. Borko & D. Potari (Eds.). *ICMI study 25 Proceedings. Teachers of Mathematics Working and Learning in Collaborative Groups.* Lisbon, Portugal

Pepin, B., Gueudet, G., & Trouche, L. (2013). Re-sourcing teachers' work and interactions: a collective perspective on resources, their use and transformations. *ZDM Mathematics Education, 45*(7), 929-944.

Pepin, B., Gueudet, G., & Trouche, L. (2017). Refining *teacher design capacity*: *Mathematics teachers' interactions with digital curriculum resources*, *ZDM Mathematics Education, 49*(5), 799-812, http://rdcu.be/tmXb

Pepin, B., Xu, B., Trouche, L., & Wang, C. (2017). Developing a deeper understanding of mathematics teaching expertise: an examination of three Chinese mathematics teachers' resource systems as windows into their work and expertise. *Educational Studies in Mathematics*, 94(3), 257-274.

Poisard, C., Bueno-Ravel, L., & Gueudet, G. (2011). Comprendre l'intégration de ressources technologiques en mathématiques par des professeurs des écoles. *Recherches en didactique des mathématiques*. *31*(2), 151-189.

Psycharis, G., & Kalogeria, E. (2018). Studying the process of becoming a teacher educator in technology-enhanced mathematics. *Journal of Mathematics Teacher Education*, *21*(6), 631-660. https://doi.org/10.1007/s10857-017-9371-5

Quéré, N. (2019). Les effets du travail de conception collaboratif entre enseignant.e.s et chercheur.e.s : une étude de cas en anglais. *Recherches en Education, 38,* 32-46.

Remillard, J. T. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of Educational Research*, *75*(2), 211–246.

Rocha, K.D.M. (2018). Uses of Online Resources and Documentational Trajectories: the Case of Sésamath. In L. Fan, L. Trouche, S. Rezat, C. Qi, & J. Visnovska (Eds.), *Research on Mathematics Textbooks and Teachers' Resources: Advances and issues* (pp. 235-258). Springer.

Sabra, H. (2016). L'étude des rapports entre documentations individuelle et collective : incidents, connaissances et ressources mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, *36*(1), 49-95.

Salaün, J.-M. (2012). *Vu, lu, su. Les architectes de l'information face à l'oligopole du Web*. Paris : La Découverte.

Trouche, L. (2016). Didactics of Mathematics: Concepts, Roots, Interactions and Dynamics from France. In J. Monaghan, L. Trouche, & J.M. Borwein, *Tools and mathematics, instruments for learning* (pp. 219-256). New York: Springer.

Trouche, L. (2019). Evidencing missing resources of the documentational approach to didactics. Towards ten programs of research / development for enriching this approach. In L. Trouche, G. Gueudet, & B. Pepin (Eds.), *The 'resource' approach to Mathematics Education*. Springer series Advances in Mathematics Education (pp. 447-489). Cham: Springer – This chapter originates from a lecture given to the Re(s)sources 2018 International Conference. Video in English, with French subtitles, available at http://video.ens-lyon.fr/ ife/2018/2018-05-30_009_Ressources2018_Luc_Trouche_v1.mp4

Trouche, L., Gitirana, V., Miyakawa, T., Pepin, B., & Wang, C. (2019). Studying mathematics teachers' interactions with curriculum materials through different lenses: towards a deeper understanding of the processes at stake. *International Journal of Educational Research 93*, 53-67. https://doi.org/10.1016/j.ijer.2018.09.002

Trouche, L., Gueudet, G., & Pepin, B. (2018). Documentational Approach to Didactics. In S. Lerman (Ed.) *Encyclopedia of mathematics education*. Cham: Springer.

Trouche, L., Gueudet, G., & Pepin, B. (Eds.) (2019). *The resource approach to mathematics education.*

New York: Springer.

Trouche, L., Gueudet, G., & Pepin, B. (2020). *Documentational Approach to Didactics, An updated version* https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02494035

Vergnaud, G. (1998). Toward a cognitive theory of practice. In A. Sierpinska, & J. Kilpatrick (Eds.), *Mathematics education as a research domain: A search for identity* (pp. 227–241). Dordrecht: Kluwer.

Vérillon P., & Rabardel P. (1995) Cognition and artifacts: A contribution to the study of thought in relation to instrument activity, *European Journal of Psychology of Education,* 9(3), 77-101.

Vygotsky, L. S. (1978). *Thought and language*. Cambridge: MIT Press (Original work published 1934). (『思考と言語』新訳版，柴田義松訳，新読書社, 2001).

Wang, C. (2018). Mathematics teachers' expertise in resources work and its development in collectives. A French and a Chinese Cases. In L. Fan, L. Trouche, S. Rezat, C. Qi, & J. Visnovska (Eds.), *Research on Mathematics Textbooks and Teachers' Resources: Advances and issues* (pp. 193-213). Springer.

Wenger, E. (1998). *Communities of practice. Learning, meaning, identity*. New-York: Cambridge University Press.