

【講演】

「紙が育む記憶力・脳の創造性」

東京大学大学院総合文化研究科教授 酒井邦嘉 氏

■教育の「デジタル化」の問題点

教育のデジタル化について、私なりに問題点をまとめてみた。大学で私自身が物理学や言語学、脳科学を教えている中で痛感していることを踏まえつつ、最近のわれわれの研究で明らかになった、「紙の手帳にメモを取ることの脳科学的な効用」についてお話ししたい。限られた時間なので、拙著『脳を創る読書』(実業之日本社)と『チョムスキーライクな脳科学』(インターナショナル新書)をあわせてお読みいただきたい。

教育の「デジタル化」の問題点

- ・製本された紙の教科書に比べ、デジタル教科書は画面上の位置が不定で実体がないため、空間的な手がかりに欠け、記憶に残りにくい
- ・デジタル教科書はネット検索等で情報過多となり、自分で考える前に調べるようになる
- ・端末で完結しがちなので、紙のノートを使わなくなり、「書き写して覚える」こと、メモを取る能力、書字の能力にまで影響が及ぶ
- ・咀嚼能力が下がり、学力低下が懸念される²

まず1つ目の問題点は、製本された紙の教科書と、デジタル化した教科書では、内容の把握のしかたが相当変わるということだ。デジタル教科書の場合、自由に拡大縮小ができる反面、画面に対する各ページの位置が不定で実体がない。電源を切ってそのままパソコンの画面を閉じてしまえば、そこには「教科書」という実体がなくなる。また、紙の場合は見開きの新聞紙や模造紙まで大きさを広げて一覧性を確保できるのに対し、デジタル教科書は限られた大きさの画面の中で表示を切り替えていくという手間がかかる。複数の資料を同時に参照することが面倒となれば、比

較分析による情報の把握が当然おろそかになりやすい。

大切な情報を記憶にとどめて把握するには、空間的な手掛かりが非常に大切である。紙の教科書やノートでは、メモをどこに書いたかや、見開きページの位置関係なども、思い出すときに大切な手掛かりとなる。後で「あそこに書いたかな」とか、「メモをしたとき先生がどう言っていたかな」といったエピソードが全て手掛かりとなり、学習の定着を促すのである。

ところがタブレットなどでは、画面上でスクロールしてしまうと常に各ページの位置が変わってしまうため、記憶できるような空間情報が少ない。デジタル化の際にレイアウトを固定したり、学習の痕跡を残さないデザインにしたりすると、内容と結びつくような手掛かりがほとんどないため、記憶に残りにくくなる。紙の本では、たとえすべてのページが同じフォーマットで印刷されていても、製本によって個々の「ページ」という位置情報が明快だから、見返したときにすぐに必要な箇所が見つけられる。スクロール・バーでこれと同じことをするのは至難の業である。デジタル化に伴う効率化や情報の圧縮は、学習にとって相当なマイナスになるのだ。

2つ目の問題点は、デジタル化によってインターネットの検索による弊害が進むということだ。ネット検索は知識獲得に便利で学習に役立つと思われるがちだが、玉石混淆の情報に過度に晒されるため、「自分で考える前に調べる」という傾向が助長される。大学生を見

ていると、何か少し課題を出しただけで、すぐにスマホで検索を始めてしまう。頭が良く要領の良い人ほど、頭を使おうとせず、「自分で考えるのは無駄だ。検索で早く正解が見つければそれでいい」と勘違いしているようだ。

検索では、自らの理解不足や思い込みを直視しないですむ。それを繰り返すうちに、なまじ自分で考えて間違えることを恐れるようになる。限られた情報から論理を組立てたり、自分の思考の盲点を修正したりする機会が減れば、受け売りの知識だけで分かった気になる学生が増えるだろう。便利なネット検索が使えるようになり、あえて自分で考えようとする人は少数派となった。評論家は増えたかもしれないが、研究者の数はさらに減っていくに違いない。

3つ目の問題点は、デジタル端末で完結しがちになって、紙のノートを使わなくなってしまうことだ。机の上に情報の宝庫であるタブレットが置いてあればそれで十分だと思いつがちになる。膨大なテキストでもコピーは一瞬だから、画面を一度見ただけで頭に入るものと錯覚する。画面に電子ペンで書き込むことも可能だが、ノートに書き写して覚えることなど無駄な作業だと感じるようになるだろう。そうすると、そもそもメモを取る能力が育たなくなってしまう。

メモを取るためにには、自力でその内容をかみ砕いて、自分の言葉でキーワードを抽出しながらまとめる必要がある。物事の関係性を自ら考えながらノートに書くのである。こうした地道な過程こそが、深い理解と学習を促すのだ。

数年前から時折気づいていたことだが、前の方の席で講義を熱心に聞いているのに、全

くノートを取っていない学生がいる。見ると机の上には何もない。大学の講義で、筆記用具はおろか「大学ノート」すら用意して来ないという学生は、もはや東大でも珍しくないのである。

こうしたことが気になっていたところ、原因はどうやら小学校の教育に遡るらしいということが分かった。昨今の教員は、「今は先生の話を聞く時間です。鉛筆は置いて」と指示したり、「先生の話が終わったので、さあノートに書きなさい」という具合に、生徒の行動をコントロールしたりするというのだ。つまりこれは、話を聞きながらメモを取るというマルチタスクの能力を奪うことになる。人間の脳は、複数のことを同時にマルチタスクに優れており、こうした能力なしには、車の運転や料理などもできなくなってしまう。生徒の注意力散漫を恐れるあまり、シングルタスクを強いてしまうようではいけないのだ。授業は、聞いて、考えて、まとめて、書いて、という一連の動作を同時並行で行う場なのだから。

従って、タブレットを見ただけで分かった気になることばかり続けていたら、見る、聞く、という受身の態度ばかりが身についてしまう。自分で書いた紙のノートは、その不完全さゆえに、何度も見返して考え方を自然と促すものだ。デジタル化でそのような基本的なことすら失ってしまったら、生徒の咀嚼能力が下がり、学力低下に直結するといっても過言ではない。

これから実際にデジタル教科書の効果が検証されるということだが、例えば、教室で生徒がどの程度ノートを取っているのかということも同時に調査する必要がある。同じようにデジタル教材を使っているはずでも、紙の

ノートの使い方一つで結果に大きな違いが出てくるだろう。指導の仕方も問題であり、デジタル教科書の導入だけが学力に直結するのではない。

「アナログとデジタルのバランスを取りたい」といった意見があるが、教育問題の真の解決のためには、あえてアンバランスを保持しなくてはいけない。あくまでも紙の教科書やノートが「主」であって、デジタル機器は「従」であり「副」なのだ。その関係性をはつきりさせなければ、デジタル機器を盲信する安易な意見に流されて、教育の質そのものが低下するのは避けられない。これは初等教育や中等教育だけでなく、高等教育を含む大問題であり、ひいては研究者や芸術家といった創造的な仕事にまで関わることなのだ。

紙の本やノートは決して時代遅れなのではなく、製本された紙の各ページが個別の情報を持つという点で、はるかにハイテクな製品なのだ。余白に自分で書き込んだり、付箋紙を付けたりすることは、紙の本の活用を高める基本的な操作として、今後も変わらない。

学習や教育に効率を求めてはいけない。デジタルだから効率が良い、情報が圧縮されてコンパクトだ、検索機能も豊富で便利だ、といったことは、すべて表面的な特徴に過ぎない。

私は言語脳科学者として科学的に断言できるが、人間の脳は、数万年、数十万年前に出来上がって以来、基本的には何ら変わっていない。ただ、近代から現代にかけて環境が激変しただけである。脳は、環境にある一見無駄にも思えるような情報を同時に取り込むことで、その人にとって将来必要となりうる記憶を知識として確立していく。その過程は相当時間のかかるものである。どんな分野で

も、プロフェッショナルになるには十年に及ぶ修練が必要であり、それだけ膨大な情報の選択や咀嚼を十分にやらない限り、フロンティアには立てないので。従って、日々の学習のあり方が問われるのである。

先ほど述べたネット検索では、キーワードを入力しない限り始まらない。ところが新聞を広げただけで小さな記事の見出しが目を惹くように、目下の関心事や必要なことは、キーワードなしでも自らの脳が簡単に見つけてくれる。しかも、その記事を見たという記憶は、数日から数ヶ月経っても忘れないものだ。次に、こうした紙の脳科学的効用について、新たな知見を紹介したい。

■紙の手帳の脳科学的効用について

われわれの研究グループは、使用するメディアによって記憶力や脳活動に差が出るという研究成果を論文にして、記者発表した。

日常生活において、紙の本や新聞・雑誌に加えて、スマホ・タブレット・パソコンといった電子機器が用いられているが、それによって日々の学習がどのように影響を受けるかという検証は十分になされてこなかった。そこで、紙の効用について脳科学で実証することを目指した。

アメリカでは、手書きとキーボード入力でメモを取る効果を比較した結果が報告されている。これは、大学生を対象にビデオ教材を見せて、その内容を一方の群は手書きで、他方の群はパソコンのキーボードでメモを取らせるというものだった。その結果、概念の理解については手書き群の方が成績が良かつた。キーボードを使うと、タイピングのスピードが速いため、聞いたことをそのまま丸ごと打ってしまう傾向が強い。そうすると、咀

嚼の暇がないので、情報の受容が受け身的になる。

ところが手書きのスピードには限界があるので、自ずから要点と思われる点だけを書き留め、関心のあるところに注意するようになる。その作業を通して考えたり、疑問を持ったりする余裕が生まれ、内容の咀嚼や、より深い理解につながるわけだ。それには、書きやすいペンや、散逸しないように製本されたノートの選択なども重要になってくるだろう。

今回のわれわれの研究では、使用したメディアによる記録の違いがどのように記憶の想起に差を生じさせるか、その神経基盤に注目した。なお、「記録」は新しいことを覚える過程で、「想起」は覚えたことを思い出す過程である。短期的な記憶であれば、いずれも「海馬」と呼ばれる領域が働く。

実験には18歳から29歳の48人が参加して、「紙の手帳群」「タブレット群」「スマホ群」の3群に均等に割りふって比較検討した。まず、具体的なスケジュールを書き留めるという課題を行なった。手帳とタブレットの場合は、見開きの大きさをほぼ等しくし、どちらもペンで手書きをしているので、後で述べる手帳群とタブレット群の違いは、手書き自体が原因ではない。

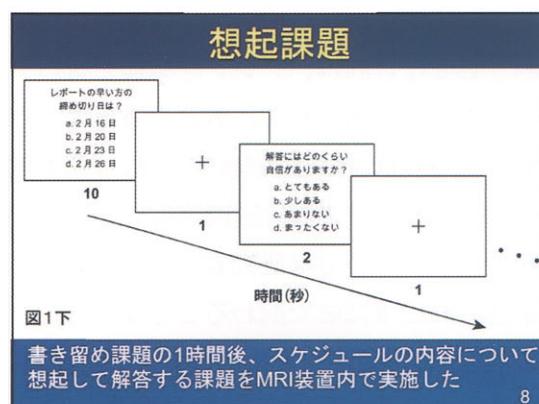
スケジュールの書き留め課題

2月						
日	月	火	水	木	金	土
1	2	3				
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13 10:28 ドイツ語	14 14:45 汎用字 大教室	15	16 10:30 汎用字復習 14:15 ドイツ語 (日本)	17
18	19 10:00 全学生会 (日本)	20 ドイツ語 レポート	21	22	23 汎用字 レポート (日本)	24
25	26	27	28			

図1上

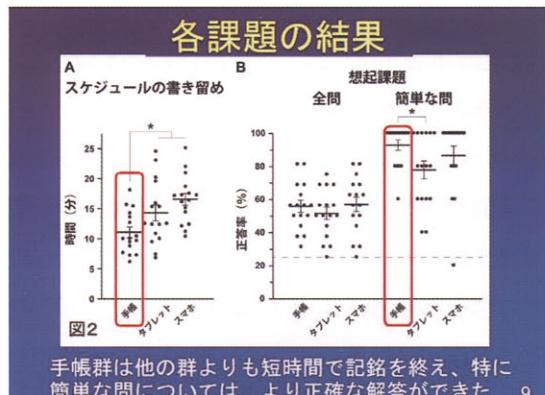
Front. Behav. Neurosci. 15, 634158 (2021)

書き留め課題では、3人の友達同士を想定した会話文を読ませて、図のように一月単位のカレンダー上に自由にメモをさせた。この課題では、書き留めたことを覚えるようにとの指示はしなかった。今回は日常的なスケジュール管理を再現したかったので、自然な記録をさせた1時間後に、MRIの装置の中で想起に伴う脳活動を測定するという方法を取った。



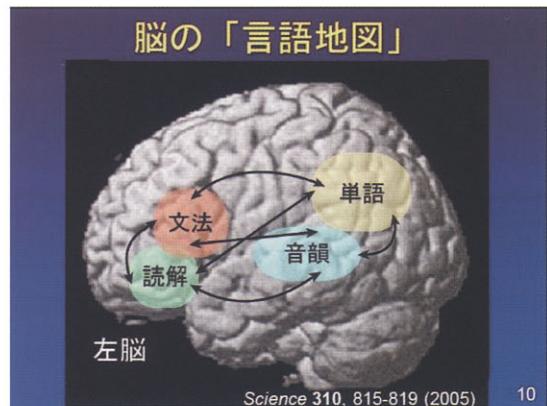
8

次に、想起課題の例を示す。「図書館に参考文献を受け取りに行くのは何時?」といった比較的簡単な問題に加え、「レポートの早いほうの締め切り日は?」といった複数のスケジュール組合せて答える必要のある問題も課した。このように、スケジュールをカレンダーのどのあたりに書き込んだか、といった空間的な情報が想起の際に手掛かりとなる。各試行の後で、「その解答にどのくらい自信があるか」を4段階で尋ねたが、正答率と相関が得られた。



上図Aのグラフは、各群がスケジュールを書き留めるまでにどのくらい時間がかったかを示しており、平均で10~15分程度である。グラフの各点は、各群16人の参加者のデータで、横線は平均値である。手帳群は、タブレット群やスマート群と比べて、大体25%程度早く書き終えていることが分かる。Bのグラフを見ると、想起課題の全問の成績は三群で差がなかった。それにもかかわらず手帳群は、最も早く書き終えることができた。また、簡単な問題に絞って検証したところ、手帳群はほぼ全員が満点であり、タブレット群よりも正確な解答ができていた。

さて、人間の左脳の「連合野」と呼ばれる領域には言語を司る働きがあり、言語の四つの要素である「文法・読解・単語・音韻」に対応して、独立した機能モジュールとなっている。これまで聴覚理解の中核と考えられた側頭葉から頭頂葉にかけての領域は、単語や音韻（アクセントや抑揚など）といった言葉の要素的な処理をしていることが分かつてきた。

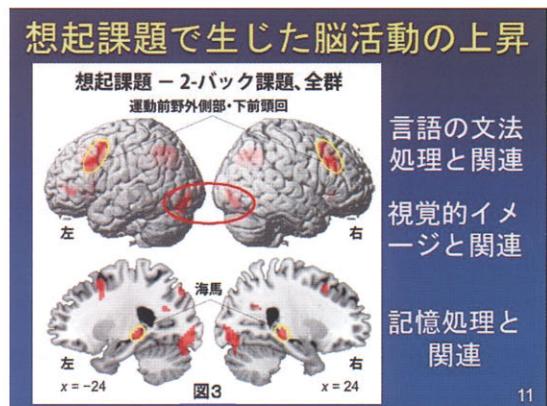


これに対して前頭葉の領域は、長らく発話の中核と考えられてきたが、われわれの研究を重ねていくうちに、単語を組合させて文を構成するときに選択的に働くことが明らかとなり、「文法中枢」と名付けた。

さらに文法中枢の下部には読解の中核があり、文意や発話の意図を読み解くときに働くことが分かっている。なお、右脳の対応部位には、左脳の言語中枢を補助する働きがある。

実験で用いた fMRI（機能的磁気共鳴画像法）と呼ばれる手法は、脳の血流量を局所的に定量化して、脳活動の変化を統計的に検定するものである。

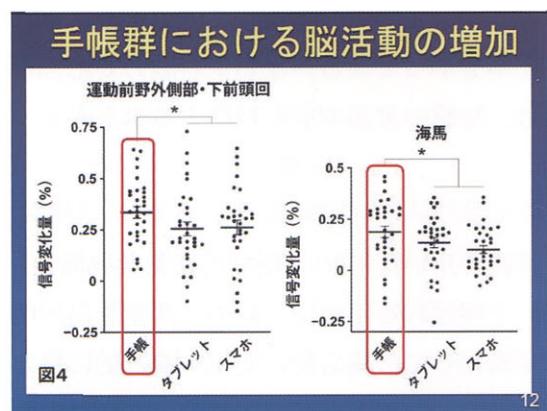
それでは、想起課題における脳活動を見てみよう。図の赤い部分は、想起課題で脳活動がより高くなった領域であり、全ての参加者の結果をまとめた結果である。



特に文法中枢の脳活動が著しく上昇しており、それは想起中の内言に伴う文法処理と関連すると考えられる。それから右脳の対応部位にも活動が観察された。

興味深いことに、脳の後頭葉にある視覚野でも、はっきりとした活動の上昇が観察された。これは例えば、カレンダー上のどこに書いたかという空間的な情報のように、視覚的なイメージを再現する働きだと考えられる。

さらに正中面に近い断面では、先ほど説明した「海馬」の一部に、左右同じような活動が出ていた。この脳活動は記憶処理と関連しており、覚えた情報を想起して再現していることが確かめられた。



以上のような脳活動を3群で定量的に比較してみた。図に示した言語野（運動前野外側部・下前頭回）だけでなく、視覚野、そして海馬などにおいて、手帳群の脳活動は、いずれも他の二つの群よりも顕著に上昇しているということが明らかとなった。つまり紙の手帳を使った記録では、言語化や視覚的なイメージ、そして記憶の想起において、電子機器を使った場合よりも豊かな情報を脳内に再現できると考えられる。

■デジタルカメラとフィルムカメラの違いとは 多様化した電子機器の一例として、カメラ

について考えてみると、アナログとデジタルの対比は本質的でないことが分かる。アナログの画像データをデジタル化したからといって、何か大きな違いが生まれるわけではない。現在のデジカメの解像度は、銀塩フィルムの粒子のレベルをはるかに上回っているので、デジタル化によって写真の質が向上したことは確かである。

そこで問題となるのは、アナログかデジタルかではなく、フィルムカメラとデジカメという機器の特性やデザインの違いだ。フィルムカメラでは、フィルムの現像に数時間から数日はかかるので、すぐには上手く撮れたかどうか分らない。ところがデジカメでは、撮った直後に結果が分かる。実はこの違いが大きいのだ。

デジカメでは、撮影そのものよりも撮った結果の方が気になってしまう。撮ったばかりの写真の露出や構図を気にしているうちに、次のシャッターチャンスを失うことになりかねない。それがフィルムカメラでは、撮ることに集中できる。フィルムの枚数が限られているので、よく吟味してからシャッターを押すことになる。その結果、フィルムカメラの方がデジカメよりも良い写真が撮れるというわけだ。

すぐに結果が出れば効率が良いと評価されがちだが、それによって考えるゆとりがなくなり、結果として機械に振り回されてしまう。しかもカメラの電子化が進むことで、余分なボタンやダイヤルが隙間なく増えてしまい、咄嗟の判断に迷いが生じる。それで写真撮影に悪影響が出るようでは、本末転倒なのだ。

学習の現場も、これと同様である。タブレットにどんどん新しい機能が追加されてい

き、学習補助の人工知能（AI）まで搭載されるようになつたら、生徒はそれに振り回されるのが関の山だ。デジタル機器には、そうした潜在的な危険が常にある。

あえて少ない情報だけを与えて、生徒にじっくりと考えさせること。足らない部分は自分で補うようにさせ、何とか自力で答をひねり出せるよう誘導することで、はじめて学習という底力が發揮されるのだ。

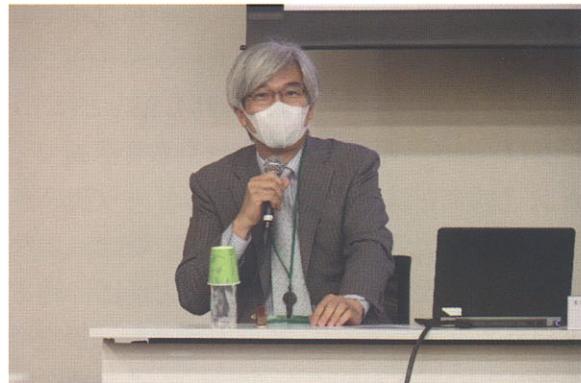
学習を通して、われわれが新たな知恵を自分のものにしていく上で、記憶こそがその根幹にある。いかに正確に、しかも、自分で使える記憶として脳にとどめておけるのか。情報化時代を迎えて、膨大なデータベースを利用できるようになったとはいえ、本当に使える知識というのは、自分の頭の中に身につけるしかない。

人間の脳は、非常に優れた情報検索装置でもある。しかも脳は新しい組み合わせを生み出すことができるから、確固たる記憶や知識は、創造性に直結する。学校における学びの場というのは、模倣で終わりではない。温故知新という試行錯誤のためには、十分な時間を確保することが求められる。

結論として、電子機器が便利そうだからといって、それに流されてはいけない。他国のデジタル化が進んでいるとしても、学力との因果関係は必ずしも明らかではない。伝統的な方法を探ったからといって、何ら時代と逆行することではなく、生徒たちが何を身につけ、その知識をどのように活用できたかをきちんと検証すべきである。

それは非常に複雑な問題のように見えるかもしれないが、要は物事の「考え方」をどのように次の世代に伝えていくかに尽きる。そ

のためにも、人工的な機械ではなく、人間の脳の自然な特性を踏まえた議論をすることが大切であろう。



酒井邦嘉（さかい くによし）氏

東京大学大学院総合文化研究科教授

1964年、東京生まれ。1987年、東京大学理学部物理学科卒業。同大学院理学系研究科博士課程修了後、同医学部第一生理学教室助手。ハーバード大学医学部リサーチフェロー、マサチューセッツ工科大学客員研究員。1997年、同大学院総合文化研究科助教授・准教授を経て2012年より現職。専門は、言語脳科学と脳機能イメージング。著書に、『言語の脳科学』『科学者という仕事』『科学という考え方』（以上、中公新書）、『脳を創る読書』『考える教室』（以上、実業之日本社）、『脳の言語地図』（明治書院）、『芸術を作る脳』（東京大学出版会）、『チョムスキーリーと言語脳科学』（集英社インターナショナル新書）などがある。