

「ながら」勉強をすると
なぜ学習効果が落ちるのか
—脳のマルチタスク処理に注目して—



宮城教育大学附属中学校

3年2組8番

勝山 康

実験の動機:「ながら勉強」するとなぜ学習効果が低下するのか？

私は自宅で勉強するときにテレビ見ながら勉強したことがあります。すると勉強がはかどらないばかりか、ケアレスミスもたくさん出てきました。またラジオを聞いたり、携帯電話で話をしたりしながら勉強していても、勉強がはかどりません。

私は中学2年の自由研究の時に、記憶する阻害要因を研究したことがあります。それによると、最も記憶が阻害されるのは、暑さでも寒さでも睡眠不足でも満腹時ではありません。それは別の作業を同時にしながら学習(マルチタスク状態による学習)でした。

その時の実験結果のみ紹介しますと①複雑な作業(このときには新聞を読み上げながら学習)の時は学習効果が62%減少し、単純作業(勉強に関係ない別な話をしながら学習)でも40%も記憶力が減少しました。このように他の作業しながら学習する「ながら勉強」は効率が悪く、人間は同時に二つのことを行って作業をすることが苦手だということが分かります。ではどれだけ人間は二つのことを同時に行うことが苦手なのでしょう。そこが今回の私の科学の芽です。

また、なぜ人間の脳ではマルチタスクが苦手なのでしょう。今回の実験では、マルチタスク状態での情報の処理伝達に問題(情報許容量の限界)があるのではないかと仮説を立て、そこに注目して調べてみたいと思います。

本研究の第1のねらい:テレビによるマルチタスク(ながら勉強)が短期記憶にどのような阻害をもたらすのかを測定したい

はじめに:実験を始める前の検討作業

本研究では「記憶力」「学習」「注意力」という言葉を使います。しかしこれらの言葉は曖昧です。実験では数値化して比較することに意味がありますので、ここでは「記憶力」「学習」に一つの指数を選びました。それが「短期記憶」です。本研究での「学習」の意味は、その場で覚える記憶——短期記憶に絞って検討します。そして様々な「条件」を変えたときの短期記憶の「記憶力」(覚えた短期記憶の数値)の変化を測定し、学習効果を比較する基準にしたいと思います¹。

テレビが学習に与える影響は、①視覚による影響と、②聴覚による影響に分類できると思います。これら二つの影響がどのように学習効果を低下させているのでしょうか。そのためまず、テレビを視聴時にどれだけ学習効果が低下させるのかを、実験で数値化したいと思います。

また、本研究の後半では更に実験を進めて、マルチタスクによる学習効果の低下の原因に情報伝達を行う神経が多くの情報を処理しきれなくなるのではないかと考え、神経という「情報の通り道」の特徴を様々な実験で調べてみます。これから行う実験の一覧は以下の通りです。

¹以下短期記憶で記憶が残っている割合を「記憶力」と言い、記憶力が高まった状態を「記憶力が向上」と、記憶力が低くなったことを「記憶力が低下」と説明します。以下同じです。

(1)視覚聴覚・関心から見た短期記憶の阻害要因の確認

- 実験1:テレビ視聴中の短期記憶はどうか
- 実験2:テレビの視覚と聴覚どちらに注意力は奪われるのか
- 実験3:ではラジオでは何に注意力を奪われるのか
- 実験4:関心の有無によって短期記憶は変化するのか
- 実験5:音楽(聴覚)で検出した興味の有無はテレビでも同じ傾向が見られるか

(2)情報を伝達する神経の仕組みをマルチタスクから分析

- 実験6-1:同時に2つの情報を記憶しようすると短期記憶はどうか(情報入力量の測定)
- 実験6-2:同時に3~10の情報を記憶しようすると短期記憶はどうか(聖徳太子の逸話検証実験)
- 実験6-3:同時に2つの情報を出力しようするとどうか(同時出力状況の観察と測定)
- 実験6-4:歌唱・朗読によるマルチタスクの状況下で短期記憶はどうか
- 実験7:脳の出力作業と同時に記憶するマルチタスクの状況下では短期記憶はどうか(直流と交流の測定)
- 実験8-1:脳は運動と記憶という異なるマルチタスクをどのようにさばいているか
- 実験8-2:「遅れ指折り運動」を行うと神経は情報をどのようにさばいているか

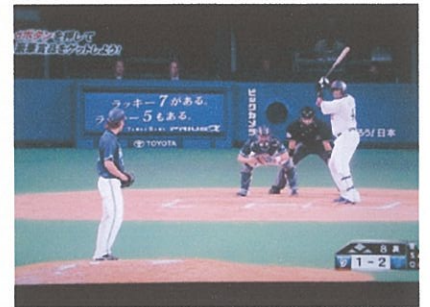
実験1:テレビ視聴中の短期記憶はどうか

①実験のデータ

被験者(中学3年生男子)

実験場所(自宅)

実験器具(1桁から13桁までの乱数が書かれた紙)テレビ(21型液晶テレビ)



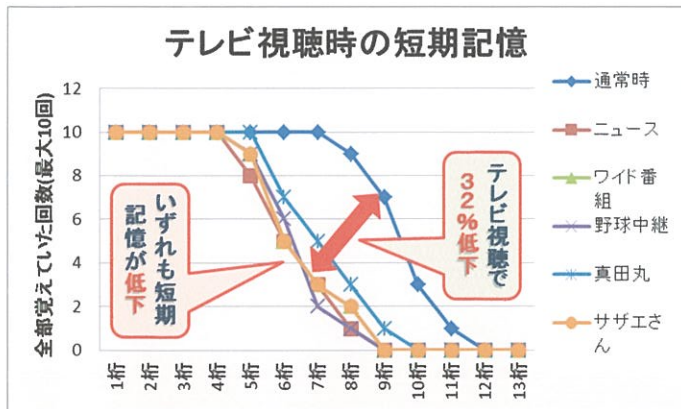
②実験の操作手順

- 1) 一般的人の人が視聴しているテレビ番組(①NHK7時のニュース、②民放地域ワイド番組[OH!バンドス]、③民報プロ野球中継、④NHK大河ドラマ[真田丸]、⑤アニメ[サザエさん])を視聴した。
- 2) テレビを視聴しながら乱数を書いた紙を4秒間見た。
- 3) 目を閉じ、それを覚えているのかを確認した。
- 4) 同じ実験を10回繰り返し、数字を全問正確に記憶していた場合にのみ正解として、その正解の回数を計測した。

仮説:テレビを視聴しながら学習する場合は、映像に注意力が奪われ人間の脳が記憶することに専念出来なくなる。そのため、短期記憶の記憶力は低下するのではないかと。

実験の結果は以下の通りです。テレビを見ながら学習すると短期記憶が平均32.4%減少しました。

	1桁	2桁	3桁	4桁	5桁	6桁	7桁	8桁	9桁	10桁	11桁	12桁	13桁	平均値
通常時	10	10	10	10	10	10	10	9	7	3	1	0	0	6.8
ニュース	10	10	10	10	8	5	3	1	0	0	0	0	0	4.4
ワイド番組	10	10	10	10	9	5	3	2	0	0	0	0	0	4.5
野球中継	10	10	10	10	9	6	2	1	0	0	0	0	0	4.5
真田丸	10	10	10	10	10	7	5	3	1	0	0	0	0	5.1
サザエさん	10	10	10	10	9	5	3	2	0	0	0	0	0	4.5



テレビを視聴すると、被験者は動く映像に注意力を奪われます。覚えたり理解したりするときには、集中する力が必要です。しかしテレビでは動きや音声が入るので、視覚と聴覚両面から注意力を奪われます。そのため脳は記憶に専念出来ない状況となり、平均すると記憶が約32%減少しました。これでテレビを視聴しながらの学習は短期記憶の記憶力が低下することがまず確認出来ました。

実験1 テレビ視聴時の短期記憶はどうなるかの実験結果：
 テレビ視聴中の短期記憶の実験結果は、短期記憶が 32% 減少した。テレビの場合には映像と音楽・音声があるため、これらの情報が視覚や聴覚から入り、記憶に専念出来ない状況を生み出していたことが判明した。

このようにテレビ視聴中の実験では、明らかに短期記憶の記憶力が低下しました。どうも脳は一つの事に集中しないと短期記憶の記憶力が減少するようです。それではより具体的に、人間の脳はどのような場合短期記憶が減少するのでしょうか。様々な状況を想定して、実験してみようと思います。

実験2: テレビの視覚と聴覚どちらに注意力は奪われるのか(障害要因の測定)

①実験のデータ 被験者(中学3年生男子)実験場所(自宅)実験器具(1桁から13桁までの乱数が書かれた紙) テレビ(21型液晶テレビ)

②実験の操作手順

1) **実験1**と同じ4番組を①ミュート(無音状態)にしてテレビを視聴し、テレビを視聴しながら乱数を書いた紙を4秒間見てそれを記憶した。②画面を OFF にしてテレビの音だけ聴き、乱数を書いた紙を見て記憶した。③比較対象として音も映像もそのまま視聴した上で乱数を書いた紙を見て記憶した。

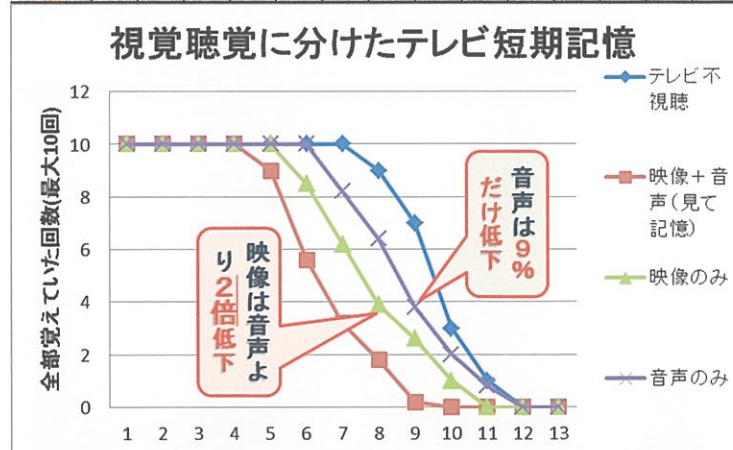
2) 同じ実験を10回繰り返し、すべての数字を全問正確に記憶していた場合にだけ正解として、その正解の数を計測した。なおグラフが見えにくくなるので今回は4番組それぞれのグラフではなく、平均値を算出してグラフ化した。

仮説: 人間が外部から受け取る情報の多くは、視覚から得ている。そのため、視覚によって注意力が奪われる影響は聴覚のみの場合よりも高いと推測できる。そのため、聴覚よりも視覚の方が記憶力は低下するのではないかと推測される。

実験結果は以下の通りです。視覚と聴覚に分類して記憶させると、視覚だけが 17.6%減少、聴覚だけが 8.8%減少と

それぞれ記憶のために使われる集中力を奪っていることが分かりました。つまりテレビを視聴しながらの学習は視覚も聴覚も注意力が奪われているという結果が出ました。

	1桁	2桁	3桁	4桁	5桁	6桁	7桁	8桁	9桁	10桁	11桁	12桁	13桁	平均値
テレビ不視聴	10	10	10	10	10	10	10	9	7	3	1	0	0	6.8
映像+音声(見て記憶)	10	10	10	10	9	5.6	3.2	1.8	0.2	0	0	0	0	4.6
映像のみ	10	10	10	10	10	8.5	6.2	3.9	2.6	1	0	0	0	5.6
音声のみ	10	10	10	10	10	10	8.2	6.4	3.8	2	0.8	0	0	6.2
映像+音声(聞いて記憶)	10	10	10	10	9	5.8	3.8	2.2	0.5	0.2	0	0	0	4.7

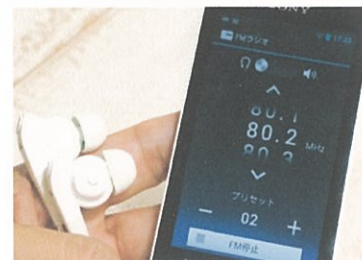


このように音声のみの方が、映像のみの方よりも短期記憶が良い成績を出したのは、テレビから受け取る(視聴覚的)情報の差によるものではないかと考えられます。例えば『産業教育機器システム便覧』によると、人間が五感から得る知覚情報の割合は視覚器官が 83%、聴覚が 11%、臭覚 3.5%、触覚 1.5%、味覚が 1.0%とありますので、視覚・聴覚が脳に与える影響の差が短期記憶の記憶力の差に反映したものと考えられます。

実験2 テレビの視覚と聴覚どちらに注意力は奪われるのかの測定の結果: テレビの映像のみの場合には 17.6%記憶力が減少し、音声のみの場合には 8.8%の減少にとどまった。これは視覚・聴覚が脳に与える影響の差が、短期記憶の記憶力の差に反映したものと考えた。つまり音声よりもテレビの視覚(映像)によって短期記憶に必要な集中力が奪われる傾向が確認出来た。

実験3: ではラジオでは何に注意力が奪われるのか(障害原因の測定 その2)

実験2では聴覚は視覚よりも短期記憶の注意力を奪わないという結果が出てきました。しかし、私の経験ではラジオ聴取の時にも大きく集中力が低下した経験があります。つまり聴覚の内容によっては短期記憶にも大きな影響を与えるのではないかと考えました。そこで**実験3**ではラジオ聴取時の短期記憶について測定を試みました。



『産業教育機器システム便覧』(教育機器編集委員会編、日科技連出版社、1972年)

①実験のデータ

被験者(中学3年生男子)実験場所(自宅) 実験器具(1桁から13桁までの乱数が書かれた紙)・ウォークマン(ラジオ機能)

②実験の操作手順

1)ラジオ番組(トーク番組[民報 FM 坂本美雨のディアフレンズ]・音楽番組[NHK 音楽の泉]・情報番組[NHK 天気予報・交通情報])を聴取した。(比較として無音状態の実験も実施した)

2)視聴中に乱数をプリントアウトした紙を4秒間見た。

3)4秒経過した後に目を閉じ、覚えているのかを確認した。

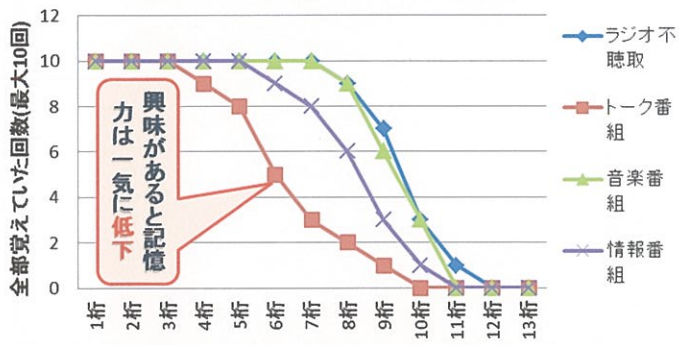
4)同じ実験を10回繰り返し、数字を全問正確に記憶していた場合にだけ正解として、その正解の数を計測した。

仮説: 基本的に視覚よりも短期記憶の注意力は低下しないであろうが、被験者の興味関心によっては短期記憶が大きく変化するのではないか。

実験3の結果は以下の通りです。

	1桁	2桁	3桁	4桁	5桁	6桁	7桁	8桁	9桁	10桁	11桁	12桁	13桁	平均値
ラジオ不聴取	10	10	10	10	10	10	10	9	7	3	1	0	0	6.8
トーク番組	10	10	10	9	8	5	3	2	1	0	0	0	0	4.4
音楽番組	10	10	10	10	10	10	10	9	6	3	0	0	0	6.8
情報番組	10	10	10	10	10	9	8	6	3	1	0	0	0	5.9

ラジオ聴取時の短期記憶



驚きました。仮説ではある程度予想していたのですが、ラジオ放送の聴取はこのように大きく**バラツキが出てしまいました**。この原因は実験中にすぐ分かりました。それはラジオ番組(トーク番組)の中で自分の関心(ある物事に特に興味を持ち、注意を向けること)のある内容についての話題が出てきたからです。そのため比較的短期記憶が低下しない聴覚のみの情報でも、その内容に関心があるかどうかで集中力が上がったり、下がったりしたのです。つまり被験者が**興味関心を抱く内容の時には、視覚・聴覚に関係なく短期記憶も大きくマイナス**になるのです。そのため学習中にラジオを聴くときにはラジオに「興味津々に聞き入る」のではなく「聞き流す」ことが大切だと分かりました。

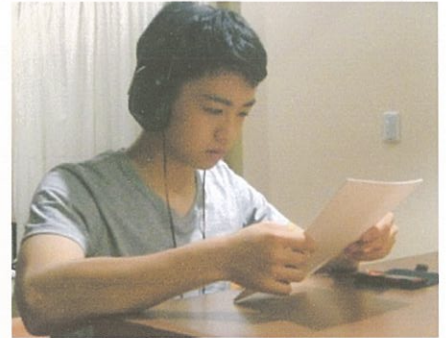
また、「音楽の泉」という音楽番組を聴いているときに感じたのですが、それぞれの番組によって短期記憶が異なるのではなく、ラジオから流れてくる音楽への関心の度合いでも集中力も時々刻々と変化しているように感じました。つまり、音楽を聴きながらする勉強した場合、それが短期記憶に影響を与えるか否かはその話題に関心があるかに左右されます。それは音楽の種類によっても、はかどらせる効果もあれば、妨げになる効果もあるのでしょうか？調べてみましょう。

実験3ラジオの何に短期記憶は奪われるのかという阻害要因の測定の結果:ラジオの視聴ではクラシック音楽番組(無

音時とほぼ同じ数値)→情報番組(-13.2%)→トーク番組(-35.3%)の順で短期記憶が低下した。実験の際にトーク番組で被験者の興味のある内容が話題になると聞き耳を立てたことも影響しているため、興味関心の有無と短期記憶の相関関係を探る必要があると考えた。

実験4: 関心の有無によって短期記憶は変化するか(阻害原因の測定 その3)

実験3のラジオの実験では大まかな傾向しか分からなかったため、同じ作曲家の楽曲に統一し、その楽曲に関心のあるなしという主観的な基準で短期記憶を測定してみました。



①実験のデータ

被験者(中学3年生男子) 実験場所(自宅) 実験器具(1桁から13桁までの乱数が書かれた紙)・ウォークマン

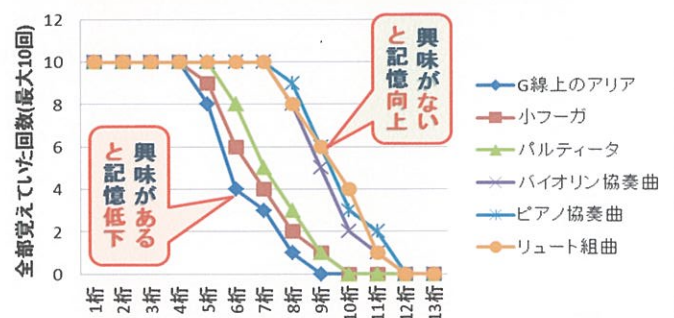
②実験の操作手順

- 1) **興味関心を感じるバッハの曲**①G線上のアリア、②小フーガ短調、③無伴奏ヴァイオリンのためのパルティータ、**興味関心を感じないバッハの曲**④2つのヴァイオリンのための協奏曲、⑤ピアノ協奏曲第1番 リュート組曲 第3番を聞きながら乱数をプリントアウトした紙を4秒間見た。
- 2) 目を閉じ、それを覚えているのかを確認した。
- 3) 同じ実験を10回繰り返し、全問正確に記憶していた場合にだけ正解として、その正解の数を計測した。

実験5の結果は以下の通りです。

	1桁	2桁	3桁	4桁	5桁	6桁	7桁	8桁	9桁	10桁	11桁	12桁	13桁	平均値
G線上のアリア	10	10	10	10	8	4	3	1	0	0	0	0	0	4.3
小フーガ	10	10	10	10	9	6	4	2	1	0	0	0	0	4.9
パルティータ	10	10	10	10	10	8	5	3	1	0	0	0	0	5.2
バイオリン協奏曲	10	10	10	10	10	10	10	8	5	2	1	0	0	5.8
ピアノ協奏曲	10	10	10	10	10	10	10	9	6	3	2	0	0	4.9
リュート組曲	10	10	10	10	10	10	10	8	6	4	1	0	0	4.3

興味の有無による短期記憶比較(音楽)



このようにハッキリと関心のある曲とない曲で短期記憶が分られました。同じ作曲家バッハの作曲の曲であるにもかかわらず、自分が耳で聞いて興味を抱いた曲は聞き耳を立ててしまい短期記憶が低下します。その一方興味のない曲の場合、私は退屈な曲と感じて聞き流しました。そのため興味関心のない曲の方が短期記憶は高くなったのです。

去年の自由研究の実験でも繰り返し聞いた好きな曲はすっかり歌詞を記憶しているので、聞き流しに近い状態になりましたが、それ以外にも興味関心のない曲で聞き流した(ここでの「聞き流す」というのは興味関心がなく、メロディーがなめらかで不自然に耳障りではないこと)曲についてもこのように短期記憶が高くなる傾向を見つけました。要するに「聞き流せる音楽」が短期記憶には好適なのは確かかなようです。

実験4: 興味の有無によって短期記憶は変化するののかの実験結果: 同じバッハの曲でも興味のある曲では短期記憶が低下し、興味のない曲では短期記憶が向上した。これは興味の有無による聞き耳を立てるか否かが記憶力の増減に相関していることが判明し、要するに聞き流せる音楽が短期記憶には好適であることが分かった。

このように短期記憶を行う場合、聞く音楽なら何でも良いという訳ではなく、集中力を妨げる音楽つまり、歌詞が含まれていたり、被験者が興味を感じる内容が含まれていたりする音楽は不適だということが分かります。

そのため、お気に入りの音楽でも、聞いた回数が少なかったり、歌詞が含まれていたり、必要以上に興味を感じる音楽は避けたほうが賢明です。

今までの興味関心に関する実験は聴覚のみに限定されていましたが、それは視覚についても同じ傾向が見られるのでしょうか。再度テレビに戻って実験を行い、考察を深めたいと思います。

実験5: 興味の有無による短期記憶の変化はテレビでも同じ傾向が見られるか(阻害原因の測定4)

①実験のデータ

被験者(中学3年生男子) 実験場所(自宅)
実験器具(1桁から13桁までの乱数が書かれた紙)
テレビ(21型液晶テレビ)

②実験の操作手順

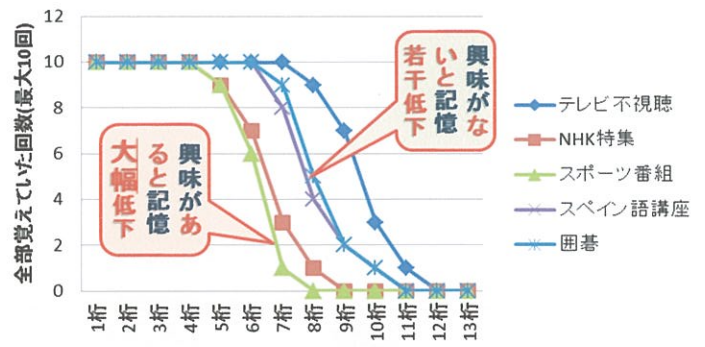
- 1) 被験者が興味を持っている番組(①NHK 特集[映像の世紀]、②スポーツ番組[被験者が所属部であるバドミントンの試合])、興味を持っていない番組(③NHK教育スペイン語講座④NHK 杯テレビ囲碁トーナメント)を視聴しながら乱数をプリントアウトした紙を4秒間見た。
- 3) 4秒経過した後目に閉じ、覚えているのかを確認した。
- 4) 同じ実験を10回繰り返し、全問正確に記憶していた場合にだけ正解として、その正解の数を計測した。

仮説: 被験者の興味のある内容の場合、聴覚での測定の時と同じく視覚の場合でも興味関心のある内容では注意力が奪われ、記憶力は低下するのではないか。

実験5の結果は以下の通りです。

	1桁	2桁	3桁	4桁	5桁	6桁	7桁	8桁	9桁	10桁	11桁	12桁	13桁	平均値
テレビ不視聴	10	10	10	10	10	10	10	9	7	3	1	0	0	6.8
NHK特集	10	10	10	10	9	7	3	1	0	0	0	0	0	4.7
スポーツ番組	10	10	10	10	9	6	1	0	0	0	0	0	0	4.3
スペイン語講座	10	10	10	10	10	10	8	4	2	1	0	0	0	5.8
囲碁	10	10	10	10	10	10	9	5	2	1	0	0	0	5.9

興味の有無による短期記憶比較(番組)



やはり興味関心によって**実験4**と同じような傾向が確認できます。興味があると短期記憶が低下し(テレビの方に注意力が奪われ)、興味がないと(テレビに注意力が奪われないから)短期記憶はさほど低下しません(なお、聴覚だけのラジオとは異なり、テレビの場合には視覚と聴覚両方から脳が刺激を受けますので、テレビを全く見ないテレビ不視聴に比べると短期記憶が大幅に減少します)。そのためラジオでは放送内容が興味のあるものなら勉強にはマイナス、全く興味の無い内容ならプラスですが、テレビの場合には興味あるなしに関係なく一定の短期記憶の減少が見られます。その意味ではやはりテレビを見ながらの勉強は、学習効果が低くなると考えた方が良いでしょう。

実験5: 音楽(聴覚)で検出した興味の有無はテレビでも同じ傾向が見られるかの実験結果: **実験4**と同様にテレビの放送内容に対する興味の有無の差は明確に現れた。つまり放送に興味があると短期記憶が低下し、興味がないと(テレビに注意力が奪われないため)短期記憶はさほど低下しない。ただ、音楽の場合と異なり、テレビの場合には興味あるなしに関係なく一定の減少が見られた。

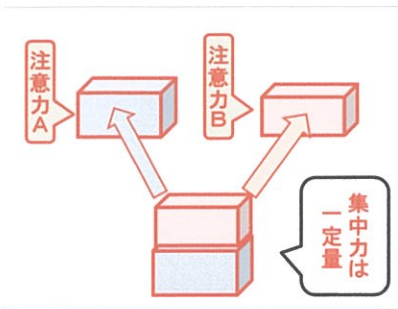
以上の実験から、短期記憶に大きな影響を及ぼす要素としては①聴覚よりも視覚的要素が大きな影響を及ぼす、②音楽・テレビ番組に関係なく、被験者が興味を抱き、注意を引くものは短期記憶に大きな減少をもたらす、③興味関心の有無に関係なくテレビの視聴は短期記憶の記憶力を減少させるというものでした。これにより、人間の注意力には、視覚や興味関心が大きな影響を与えていることが判明しました。

以上の実験を行った上で、私に「人間は記憶などの情報の伝達をどのようにしているのか?」という新しい疑問が生まれてきました。それが本研究の第2のねらいです。

本研究の第2のねらい: 情報を伝達する神経の仕組みを短期記憶の学習効果から分析し、神経が情報を伝達する仕組みや特徴を探り出したい。

これまでの実験で明らかになったことは、テレビを視聴しながら短期記憶を行うように、注意力が複数に分かれる場合、片方の注意力(興味)が大きくなると、もう片方の注意力(短期記憶)が減少することが明らかになりました。

つまり人間の脳の注意力は恐らく一定量しか存在せず、注意を払うときには、その一定の量の注意力を分配して使



っているのではないかというものです(左図参照)。二つの点に注意が向くのなら、注意力を2倍にすれば良いと思うのですが、これまでの実験の結果を見ると、人間は注意力が2倍になるのではなく、一定量

の注意力を分配して対応しているというのです。なぜ2倍に出来ないのでしょうか？毎日の学習の経験から脳を2倍働かせることは十分可能だと思います。しかし、それができない。そこで気になるのが情報の通り道の仕組みです。

例えば、数字を記憶するときには、記憶の情報が(恐らく)神経を通して脳に運ばれ、認識されます。その情報の流れを鉄道や道路に例えると、それが単線(一車線)なのか複線(二車線)なのかという疑問があります。もしも複線であるならば、脳の記憶している内容を出すこと(出力)と外部から情報を学ぶこと(入力)というの関係が実験で判ると思います。入力と出力の道筋が「単線」で交通行なのか、それとも「複線」になっていて、相互に情報の行き来が自由に出来るのでしょうか？これを実験で検証したいと思います。

実験6-1: 同時に2つの情報を記憶しようとする短期記憶はどうなるか(一度に流れる情報量の測定)

①実験のデータ

被験者(中学3年生男子)実験場所(自宅)

実験器具 13桁までの乱数が書かれた紙2枚

②実験の操作手順

1) 1桁から13桁までの異なる乱数を2人の人が同時に読み上げる(2人の人が読み上げるのは同じ桁数とする)。

3) 4秒経過した後、それを覚えているのかを確認した。

4) 実験を10回繰り返し、数字を全問正確に記憶していた場合にだけ正解として、その正解の数を計測した。

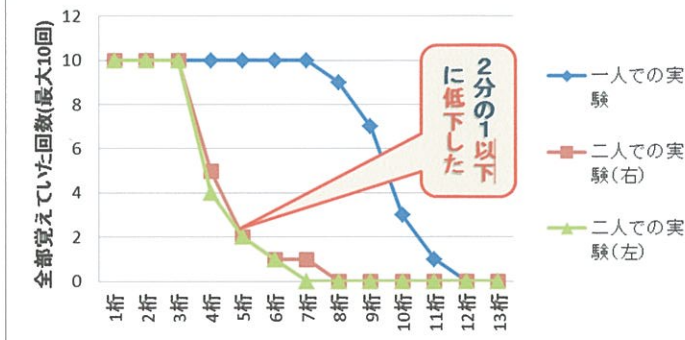
仮説: 2人同時に異なる数字を覚えるため、単純に考えれば注意力は2分の1になる。その注意力が短期記憶に相関するのだから、記憶力も2分の1に低下するのではないか。

実験6-1の結果は以下の通りです。

	1桁	2桁	3桁	4桁	5桁	6桁	7桁	8桁	9桁	10桁	11桁	12桁	13桁	平均値
一人での実験	10	10	10	10	10	10	10	9	7	3	1	0	0	6.8
二人での実験(右)	10	10	10	5	2	1	1	0	0	0	0	0	0	3
二人での実験(左)	10	10	10	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2.8



二人同時聞き取りによる短期記憶



実験の結果、一つの記憶の場合の平均値が6.8の所、二つの記憶の場合の平均値が3.0と2.8でしたので、合計すると5.8です。つまり一つの場合(平均値6.8)よりも14.7%低下しています。つまり単純に6.8を2分割した3.4にはなっておりません。つまり、二つのことを同時に行わなければならないと、人間の短期記憶は2分の1以下に注意力が減少してしまうという奇妙な現象が起きているのです。

実験6-1: 同時に二つの情報を記憶しようすると短期記憶はどうなるか(情報入力量の測定)の実験結果: 注意すべき事が一つから二つになった時は、単純に注意力が2等分になるのではなく、一つの場合に比べて約15%記憶力が減少した。

この実験で私は、2つ同時に行う注意力は、「2点に分散して時の1点の集中力は2等分にはならない」と言いましたが、6.8と5.8の差は僅かであり、ひょっとすると誤差の可能性あります。そのため、誤差であるかを確認するために、3つ以上を同時に聞いた実験を追加で行いたいと思います。

実験6-2: 同時に3~10の情報を記憶しようとする短期記憶はどうなるか(聖徳太子の逸話検証実験)

①実験のデータ

被験者(中学3年生男子)実験場所(自宅)

実験器具(13桁までの乱数が書かれた紙3~10枚)

②実験の操作手順

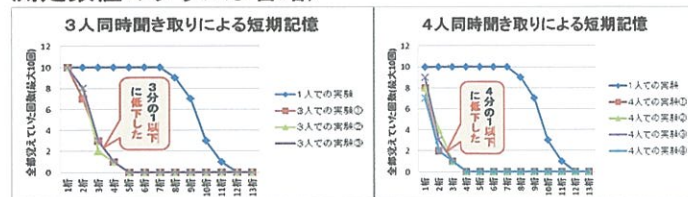
1) 1桁から13桁までの異なる乱数を3~10人の人が同時に読み上げる(読み上げるのは同じ桁数とする)。

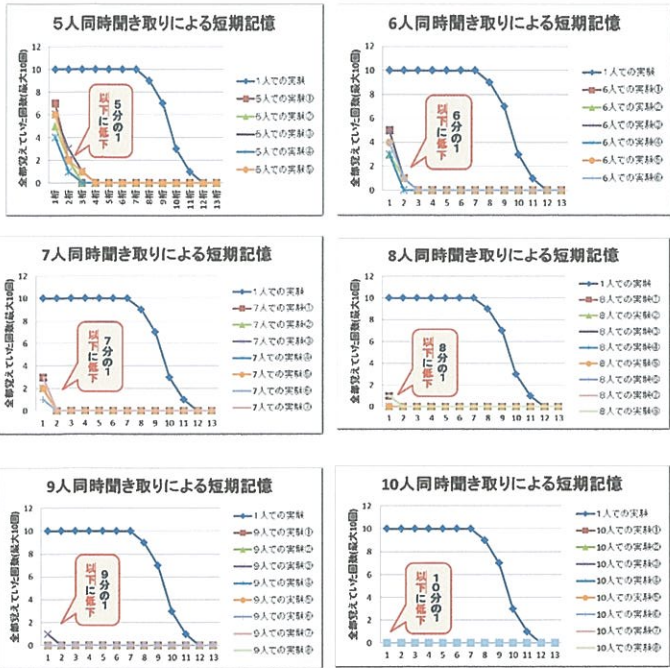
3) 4秒経過した後、それを覚えているのかを確認した。

4) 同じ実験を10回繰り返し全問正確した場合にだけ正解とした。

仮説: 3~10人同時の場合には、2人同時よりも更に注意力が散漫になる。また**実験6-1**の傾向の通り、短期記憶の記憶力は3~10分の1以下になるのではないかと。

実験6-2の結果は以下の通りです。(スペースの関係から測定数値のグラフは省略)





	平均値合計	一人当たりの低下割合
2人の合計	5.8	0.5
3人の合計	4.3	0.8
4人の合計	3.7	0.8
5人の合計	3.1	0.7
6人の合計	2.2	0.8
7人の合計	1.2	0.8
8人の合計	0.5	0.8
9人の合計	0.1	0.7
10人の合計	0	0.7

一人ごとに一定量のメモリが使われている

実験結果はほぼ仮説の通りでした。3人同時だと3等分以下、4人同時だと4等分以下、5人同時だと5等分以下、以下6~10人同時でも6~10等分以下になりました。それぞれの等分よりどれくらい低下するのかを測定しましたが、人数が増えるに従って等分より1人あたり1~13桁の正解する平均値(以下「平均値」)の0.5~0.8ほど余分に低下しています。つまり人数が増えるに従って人間の脳は、それぞれの数に一定のメモリ(ここでは短期記憶で使えない情報)を確保しているのではないのでしょうか。しかもこのメモリは人数の増加に従って一定のメモリを必ず使い、人数が減るとそのメモリを解放しています。この現象は大変興味深い仕組みだと思いますが、私はそのメモリの正体は「個別情報」ではないかと推論しています。

集中すべきことが一つの場合には存在せず、複数の時に必ず発生するメモリは何でしょうか。それは集中すべき点の一つであったら**必要のない情報**です。

例えば一人の人が「2」「3」と言えば、被験者は「2」「3」という数字だけ覚えれば良いのです。しかし例えば4人で実験した時には、被験者は「3番さんが言った数字は『6』」「今『4』」と言ったのは1番さん」のように1番~4番までの個別の



例えば一人の人が「2」「3」と言えば、被験者は「2」「3」という数字だけ覚えれば良いのです。しかし例えば4人で実験した時には、被験者は「3番さんが言った数字は『6』」「今『4』」と言ったのは1番さん」のように1番~4番までの個別の

人々の発した数字をそれぞれの人に結びつけなければなりません。この情報は人数が増えるに従って必ず人数分増減するからです。

実験からの考察:

10人聞き分けた聖徳太子の逸話は可能か

これらの実験から、聖徳太子の逸話のように10人の人が同時に話したときに脳がどうなるのかも推論が可能です。私は一人の聞き取りの場合の短期記憶の平均値は6.8です。それをまず単純に十等分すると $6.8 \div 10 = 0.68$ です。そこから一人当たりの「個別情報」として(実験の平均で)0.7がかかりますので、一人の聞き取りの場合の平均値が 6.8^3 であるかぎり、10人分の「個別情報」(7.0)を確保するだけで精一杯になり、記憶できません。つまりこの時点で不可能という結果が出てしまいます。



仮に一人当たりのメモリ割合を若干少なく0.6にした場合でも、数字の記憶に使えるのは $6.8 - 6.0 = 0.8$ に過ぎません。この0.8は10人分正解を合計した値ですので、覚えられるのは一桁以下になります。つまり一人当たり換算すると $0.8 \div 10 = 0.08$ となります。となると仮に10人が同時に1桁の数字を言うとして、10人全員の数字を当てられる計算値は100回のうち8回となりますが、これでは人間が同時に覚えられ数字の限界(一般的に7と言われる)を越えています。私の実験の場合10桁の数字を覚えられる確率は概ね20~30%でしたので、0.16~0.24回になります。つまり、聖徳太子のように10人が同時に一桁の数字を読み上げたとしても、(誰が何を言ったかを覚えるという条件では)通常は「個別情報」に全部メモリをとられてしまいます。つまり10人の誰が何の数字を言ったのかも判らない可能性が極めて高いと思います。なおそれぞれ実験数値で一番良い数値を使っても、たった一桁でも100回実験してせいぜい1~2回当たるに過ぎないという推論の結果です。

実験6-2: 同時に3~10の情報を記憶しようとする短期記憶はどうなるか: 3人同時の短期記憶の合計は36.8%低下、4人同時だと45.6%、5人同時で54.4%低下の通りに6~10人の実験を行った結果も、人数の等分よりも更に記憶力が低下していた。つまり人間は、一点の物事に集中したときに最も集中力が高められ、集中する対象が増えるに従って、却って集中力の総量は徐々に減少していた。短期記

³1人の聞き取りの場合の平均値6.8や「個別情報」のメモリも0.7もあくまで被験者の個人的な実験結果です。

⁴例えば1人の聞き取りの場合の平均値も、個人差があります。アメリカの認知心理学者ジョージ・ミラーが1956年に提唱した「マジックナンバー7」では人間が短期的に 7 ± 2 くらいは記憶できるとあります(7±2は個人差)ので、最大値では9まで短期記憶を一般の人でも引き出す可能性があるからです。そのため、聖徳太子の短期記憶が高かった可能性も充分考えられます。

憶から見た情報の流れは情報が増えても注意力は増加せず、逆に減少するという現象が確認出来た。

実験6-3: 同時に2つの情報を出力するとどうなるか(同時出力状況の観察と測定)

これまで同時に2つ以上の情報を記憶(入力)しようとする時の脳の働きについて考察しましたが、**実験6-3**では入力ではなく**出力**に注目して比較実験を行うことにします。

①実験のデータ: 被験者(中学3年生男子)実験場所(自宅)

実験器具(記憶しているものの実験のため特になし)

②実験の操作手順:

1)①記憶している二つの暗唱[般若心経と平家物語(序段)]を同時に心の中で思い出した。②記憶している校歌[愛子小学校校歌・広瀬中学校校歌]を同時に心の中で思い出した。

2)心の中で思い出せた状況をそのままメモに書き出した。

3)同じ実験を10回繰り返し、その出力状況を考察した。

仮説: 複数同時入力は可能だったので、複数同時出力も可能ではないのか。ただし、複数同時入力の時と同じようにスムーズな出力は難しいのではないのか。

実験6-3の結果は以下の通りです。結果の数値化が難しく、かつ全回を記載できるスペースがないので10回目の状況をテキスト入力しました。(傾向は1~10回ほぼ同じです)

実験①(般若心経と平家物語)

「観自在菩薩行深般若波羅蜜多時 照見五蘊皆空度一切苦厄舍利子色不異空空不異色即是空空即是色諸行受想行識亦復如是舍利子是諸法空相不生不滅不垢不淨不增不減是故空中無常の響きあり沙羅双樹の花の色、盛者必衰の理をあらはすおごれる人も久しからず、ただ春の夜の夢のごとし。たけき者も遂にはほろびぬ、ひとへに風の前の塵に同じ」

実験②(愛子小学校校歌・広瀬中学校校歌)

「清き広瀬の川ほどり 春秋の色うるわしき見て小さな里のきらめきを 銀の河になって宙にひろがるよ ひとりじゃない私たち ひとみとひとみに ひろがる未来 五つの郷の若人をひとつに結ぶ広瀬中。つきぬ流れを音にきき 連なる峰に描きつつ 誠の道を一条に 究めんわれら広瀬中きいて やさしい小川のせせらぎを 愛子の野をめぐり 虹をかけるよ ひとりじゃない私たち えがおとえがおに ふくらむ希望」

この状況について、先に結論を言います。二つの暗唱、二つの校歌は一度も同時に思い出す(出力する)ことは出来ませんでした。できたのは**二つの情報を交互に思い出す**ことでした。今回の実験では口ずさむことをせずに、心の中で思い出すということにしています。それは口であれ鼻歌であれ、出力できる方法が一つです。それで、出力機能で制限されないように「心の中で思い出す」ことにしたのですが、私達の脳は**同時に異なることを二つ同時に思い出すことが出来ない**ことがよく分かりました。なお暗唱では交互に思い出すことも難しく、前にどこまで唱えたのかその場所を思い出せず沈黙する時間も出来てしまいましたが、**校歌の方はその点比較的すんなり思い出すことが出来ました**。これは**思い出す時にまずメロディーが先に思い出され、そのメロディーから歌詞の記憶をたぐり寄せている**のです。となるとマルチタスクの状態では言葉とメロディーでは思い出しやすさが異なることが考えられます。そこでマルチタスク状況下でのメロディーの有無による実験を次にすることにしました。

実験6-3: 同時に2つの情報を出力しようとするとうなるかの**実験結果**: 暗唱と校歌ともに同時に思い出すことが不可能だった。可能であったのは二つの情報を交互に思い出すことであった。なお暗唱と歌では思い出す難易が異なるように感じられたので、追加で検証実験を行うことにした。

実験6-4: 歌唱・朗読によるマルチタスクの状況下で短期記憶はどうなるか

①実験のデータ: 被験者(中学3年生男子)実験場所(自宅)

実験器具(短期記憶ではなく既に記憶しているものの実験のため特になし)

②実験の操作手順

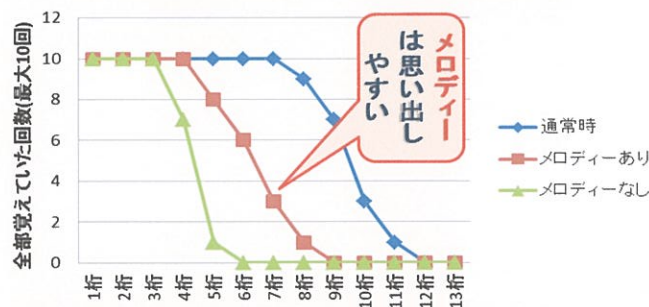
1)①**既に記憶している中学校の校歌を歌いながら**明朝フォント13ポイントでプリントアウトした乱数の数字を4秒間見た。

②**中学校の校歌をメロディーなしで朗読しながら**明朝フォント13ポイントでプリントアウトした乱数の数字を4秒間見た。

実験6-4の結果は以下の通りです。

	1桁	2桁	3桁	4桁	5桁	6桁	7桁	8桁	9桁	10桁	11桁	12桁	13桁	平均値
通常時	10	10	10	10	10	10	10	9	7	3	1	0	0	6.8
メロディーあり	10	10	10	10	8	6	3	1	0	0	0	0	0	4.5
メロディーなし	10	10	10	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2.9

同一歌詞をメロディー有無での比較



実験結果から明らかなように、メロディーは(メロディーなしの)言葉よりも思い出しやすい傾向を確認できました。平均でもメロディー付きの方が、歌詞のみの時よりも55.2%記憶が向上しています。確かに暗記を行うときに**歌にして覚える**という事例もありますね。それはメロディーを付けることで、歌詞を思い出しやすくする効果を狙っていると思います。

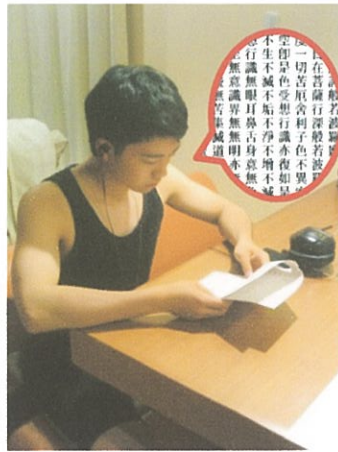
実験6-4: 同じ歌でもメロディー付きとメロディーなしでは短期記憶はどうなるかの**実験結果**: **メロディーはメロディーのない言語よりも思い出しやすい傾向が明らか**であった。平均でもメロディー付きの方が歌詞のみの時よりも55.2%も記憶が向上しており、**メロディーが思い出しやすい効果が活用されて「歌で覚える」記憶法がある理由も再確認できた**。

実験7: 脳の出力

作業と同時に記憶するマルチタスクの状況下では短期記憶はどうなるか(直流と交流の測定)



実験6で、人間の脳は一つのこと集中しているときに一番記憶力は高いことが判明しました。そして集中すべき点が2つや3つに増えても、短期記憶は2倍3倍にはならず、2分の1～3分の1にも達しないことが判明しました。そこで**実験7**では記憶を出力しながら数字を覚えるという同時に**正反対の向き**の**情報を出・入力**した場合、短期記憶はどうなるのかを確認したいと思います(**実験6-4**)の関連から歌唱中の短期記憶も測定しました)

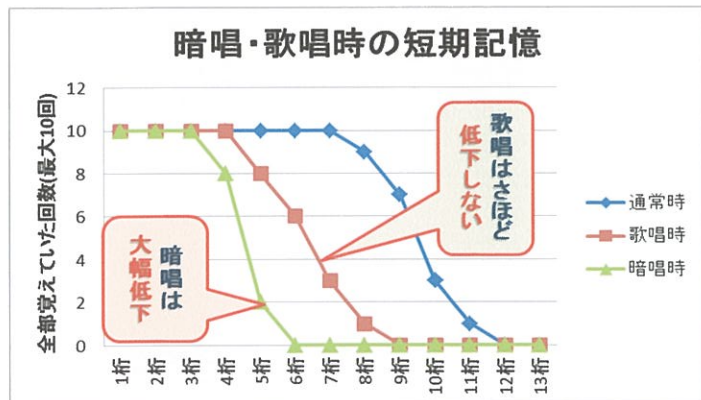


- ①実験のデータ: 被験者(中学3年生男子) 実験場所(自宅) 実験器具(1桁から13桁までの乱数が書かれた紙)
- ②実験の操作手順
- 1) 脳の出力作業: ①既に記憶している般若心経を唱え(出力)ながらMS明朝フォント13ポイントでプリントアウトした乱数の数字を4秒間見た(入力)。②比較実験として既に記憶している中学校の校歌を歌いながら(出力)明朝フォント13ポイントでプリントアウトした乱数の数字を4秒間見た。
- 3) 同じ実験を10回繰り返し、数字を全問正確に記憶していた場合にだけ正解として、その正解の数を計測した。

仮説: 記憶ではなく、出力作業を行うため、複数同時の記憶時よりも人間は記憶に専念出来なくなる。そのため、短期記憶の記憶力は大幅に低下するのではないか。

実験7の実験結果は、以下の通りです。

	1桁	2桁	3桁	4桁	5桁	6桁	7桁	8桁	9桁	10桁	11桁	12桁	13桁	平均値
通常時	10	10	10	10	10	10	10	9	7	3	1	0	0	6.8
歌唱時	10	10	10	10	8	6	3	1	0	0	0	0	0	4.5
暗唱時	10	10	10	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3.1



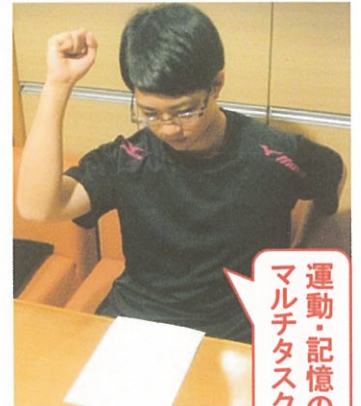
実験6-1で実験した通り二つの記憶を同時に行なった場合の平均値が2.8~3.0でしたが、今回の平均値も3.1とほぼ同じ数値が出ています。つまり**直流でも交流でも伝達することの出来る情報量はほぼ一定**であり、情報の流れる方向での大きな変化が見られないことが分かりました。なお、**実験6-4**の関係で参考の比較実験として行った歌唱の実験で

は歌唱と暗唱の方法で短期記憶の記憶力が異なりました。やはり歌を歌いながらの短期記憶は**歌詞**だけよりも**効果的**でした。これは恐らく人間の身体(脳)の中で暗唱の文字と**歌(メロディー)の記憶の方法**が違うからではないかと思えます。実験の時に被験者が感じましたが、**メロディーにラッピングされた状態で歌詞が出て来る**ように感じました。そのため歌詞の思い出しがスムーズな印象がありました。ただメロディーと記憶の問題はこれだけでも大きな研究課題であり、しかも今回のマルチタスクの研究とは研究の方向性が違うので、メロディーはこれ以上詳しくは調べません。今後の課題とします。

実験7: 脳の出力作業と入力作業を同時に行うと短期記憶はどうなるか(直流と交流の測定)の実験結果: 二つの記憶を同時に行った場合の平均値が2.9前後だが、交流の平均値も3.1とほぼ同じ数値だった。つまり直流でも交流でも伝達することの出来る情報量はほぼ一定で、情報の流れる方向での大きな変化が見られなかった。なお、歌唱の実験では、歌を歌いながらの短期記憶は歌詞を唱えるだけよりも短期記憶に効果的であった。

実験8-1: 脳は「運動」と「記憶」という異なるマルチタスクをどのようにさばいているか

- ①実験のデータ
被験者(中学3年生男子)
実験場所(自宅)



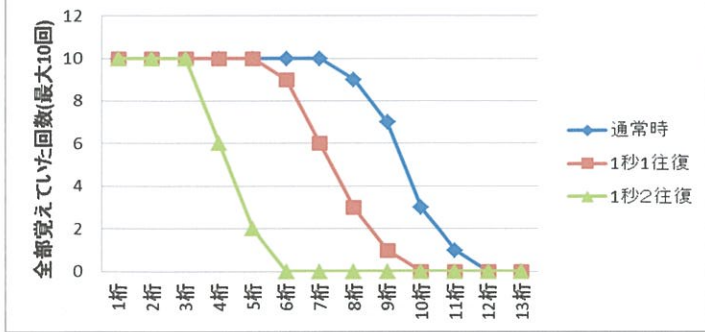
実験器具(1桁から13桁までの乱数が書かれた紙)

- ②実験の操作手順
 - 1) 運動神経を使用するためランニングの時の腕振りを行う(乱数の数字が見えにくかったので、腕立て伏せや足[歩行・走行]は使わない)。
 - 2) 1秒間1往復と2往復で腕をしっかり振る。
 - 3) 腕を振りながら13ポイントのMS明朝フォントでプリントアウトした紙を4秒間見る。
 - 4) 4秒経過した後に、それを覚えているのかを確認した。
 - 5) 実験を10回繰り返しそれぞれの数字を全問正確に記憶していた場合にだけ正解として、その正解の数を計測した。
- 仮説**: 運動神経と学習で使う情報の神経は異なると思われるので、運動を行ったり、運動の負荷を高めたりしても学習効果にはさほど影響が出ないのではないか。

実験8-1の結果は以下の通りです。私の予想は見事に外れました。

	1桁	2桁	3桁	4桁	5桁	6桁	7桁	8桁	9桁	10桁	11桁	12桁	13桁	平均値
通常時	10	10	10	10	10	10	10	9	7	3	1	0	0	6.8
1秒往復	10	10	10	10	10	9	6	3	1	0	0	0	0	5.3
2秒往復	10	10	10	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2.9

運動中の短期記憶の比較



意外でした。私は「運動神経」という専用の神経があるのだと思っていましたが、この種の運動の指令を出す神経も、学習するときの情報を伝達する神経も、同じ神経を使っているようです。実験でも分かるとおり、同時に運動を行うと短期記憶の学習効果が一気に減少しました(1秒間1往復で22.1%減少)。しかも腕振りを早くすると(つまり運動の負荷を2倍にすると)57.4%も更に減少しました。ここから分かることは、**運動のペースを上げると神経は運動の指示に忙しくなり、数字を脳に伝達する余力が少なくなり、短期記憶が減少していることが分かるのです。**また、運動量を2倍に増加すると短期記憶の記憶力の減少は更に大きく約2.6分の1になりました。**短期記憶などの「ものを覚えるための神経」も「運動を行うことを命令する神経」も同じルートを使っており、その容量も一定であり、そのキャパシティの中で情報をやりくりしているように思います。**それではこの神経の情報伝達のキャパシティについて、もう少し調べて見ようと思います。

実験8-1: 神経は運動の情報と記憶の情報どのようにさばっているか(運動と短期記憶が競合した場合)の結果:

運動としてランニングの腕振りを行うと、軽い運動(1秒間1往復)では22.1%減少、しかし運動の負荷を2倍にすると57.4%減少。負荷が2倍になるにしたがって短期記憶も約2分の1になった点に着目すると、短期記憶の神経も運動を行うことを命令する神経の容量もほぼ一定であり、そのキャパシティの中で情報をやりくりしていると推定できる。

実験8-2: 「遅れ指折り運動」を行うと神経は情報をどのようにさばっているか(脳トレーニングと短期記憶がマルチタスクした場合)

①実験のデータ 被験者(中学3年生男子) 実験場所(自宅) 実験器具(1桁から13桁までの乱数が書かれた紙)

②実験の操作手順

1) 運動として右手の指を折ってもとに戻す運動(片手指折り運動)と脳に一定の負荷をかける脳トレーニングに使用される「遅れ指折り運動」⁵を行う。

2) 「片手指折り運動」・「遅れ指折り運動」をしながら13ポイ

⁵「遅れ指折り運動」は脳(前頭前野)をトレーニングする運動の一種です。①両手を開いて、右手の親指だけを折り曲げる。②次に、右手の人差し指を折り曲げる、と同時に左手の親指を折り曲げる。③右手の中指を折り曲げる、と同時に左手の人差し指を折り曲げる。最後は右手の親指を曲げ、左手の親指を立てます。出典 <http://d.hatena.ne.jp/tn5504/20101006/1286324097>

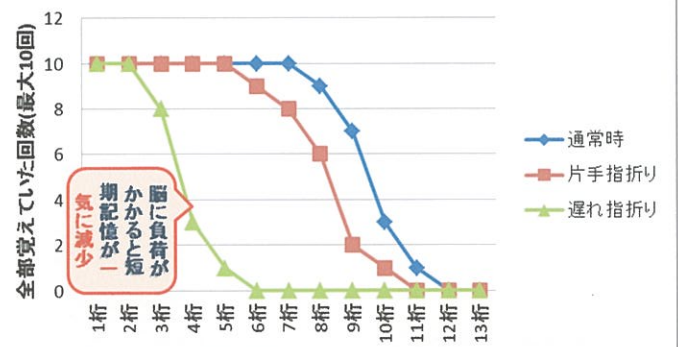
ントのMS明朝フォントでプリントアウトした紙を4秒間見る。
4) 4秒経過した後に、それを覚えているのかを確認した。
5) 同じ実験を10回繰り返し全問正確に記憶していた場合にだけ正解として、その正解の数を計測した。

仮説: 脳トレに使用される遅れ指折り運動を実施することにより、脳に大きな負荷がかかる。それに伴い情報伝達も大きな負荷がかかると思われるので、短期記憶の学習効果は大きく低下するのではなかろうか。

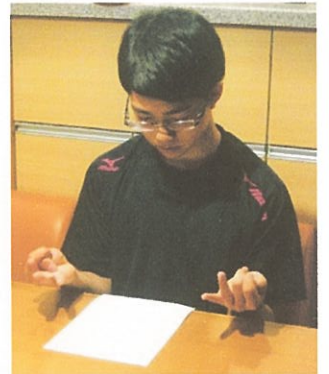
実験8-2の結果は以下の通りです。やはり脳に大きな負荷がかかると、大幅に短期記憶が減少していますね。

	1桁	2桁	3桁	4桁	5桁	6桁	7桁	8桁	9桁	10桁	11桁	12桁	13桁	平均値
通常時	10	10	10	10	10	10	10	9	7	3	1	0	0	6.8
片手指折り	10	10	10	10	10	9	8	6	2	1	0	0	0	5.8
遅れ指折り	10	10	8	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2.5

遅れ指折り運動時の短期記憶



「片手指折り運動」はほとんど短期記憶に影響を与えていません(ペン回しに近い感覚でした)。しかし「遅れ指折り運動」は非常に脳を使いました(特に親指と小指の折り返し)。もともと「遅れ指折り運動」は前頭葉(脳)のトレーニングの一種ですので負荷がかかることは当然ですが、驚くほど一気に短期記憶が減少しました(一63.2%)。つまり、「遅れ指折り運動」という複雑な運動の指令を伝達する神経が忙殺され、短期記憶を行う余裕を大きくそがれてしまったのです。



実験8-2: 「遅れ指折り運動」を行うと神経は情報をどのようにさばっているかの結果: 片手指折りの場合には14.7%減少であったのに対し、両手による「遅れ指折り運動」では**63.2%の短期記憶の減少**が見られた。つまり「遅れ指折り運動」で脳と情報を伝達する神経が忙殺され、短期記憶を行う余裕を大きくそがれた。

研究のまとめ 私が抱いた最初の疑問は、「テレビを見ながら勉強するとなぜ学習効果が低下するのか」という「ながら勉強」の学習効果でした。

その原因を調べる中で、「ながら勉強」が、勉強をテレビ視聴という異なる作業を同時並行して行うこと——つまりマ

ルチタスクという状態にあることを発見しました。そこで**マルチタスクの特徴を多角的に分析し、マルチタスクが記憶力を妨げる原因**を実験で確かめました。その結果テレビを見ながら勉強するというマルチタスクでは、テレビによる(情報としての)視覚・聴覚の他、(被験者の)興味関心の有無が短期記憶に大きな影響を与えることが判明しました。

この「ながら勉強」の実験を行ったことで、私に「人間は記憶などの情報の伝達をどのようにしているのか？」という新しい疑問が生まれてきました。そこで体内で情報を伝達する神経の仕組みを短期記憶の学習効果から分析し、神経が**情報を伝達する仕組みや特徴**を探り出しました。

その結果、注意すべき事が1つから2つになった時は、注意力が**2等分になるのではなく2等分以下に、3~10人の実験では3~10等分以下に記憶力が低下していることが分かりました**。人間は注意すべき事が増えても注意力の総量は増加しません。そして一つの物事に集中したとき、最も集中力が高められ、集中する対象が増えるに従って、注意力が増幅されることはなく、却って**集中力の総量は徐々に減少**しました。なぜ余分に集中力が減るのか。その原因は複数の情報を分類して記憶するための**個別情報メモリ**がそれぞれに割り振られたのではないかと私は考えました。

次に複数同時出力の実験を行いました。これは同時に複数の記憶情報を思い出そうとしましたが出来ませんでした。実験の結果可能だったのは**二つの情報を交互に思い出す事**だけでした。また入出力(出力作業をしながら記憶する)作業を同時に行う実験を行いました。ここでも入出力に関係なく一定の注意力が使われていることが判明しました。また記憶と運動でマルチタスクを行ったところ、運動量が増えるに従って短期記憶が徐々に減少しました。ここからも**記憶や運動を司る神経も同じルートを使っており、その伝達できる容量もほぼ一定であり、その限られたキャパシティの中で様々な情報をやりくりしていることが分かりました**。

つまり「ながら勉強」の学習効果が低下するのは、そもそも人間の脳がマルチタスクに不向きだからです。そしてその不向きの原因を探ると情報を伝達する神経にありました。つまり神経が伝達できる情報量に上限があったからです。

研究の考察と今後の課題

人間の脳や神経は、一つの事に集中するとき最大の効果を発揮するように出来ています。そして二つ以上の事を同時に集中しようとするとき一気とその注意力が低下します。これは人間だけの現象ではありません。京都大学の船橋新太郎先生の研究では、ニホンザルでも2つのことを同時にすると実行が中途半端になってしまうことが実験で裏付けられています⁶。船橋先生の話では「注意」と記憶力とともに脳の同じ領域にある神経細胞が司っている。しかし両方の機能を同時にこなそうとすると**神経細胞への負荷が過剰になってしまうため、脳は自動的に片方の負荷を下げていく**そうです。これは本実験における遅れ指折り運動に忙しくなった神経細胞が片方(短期記憶の)の負荷を下げてい

た点と**全く一致します**。今回の私の実験は船橋先生の実験が人間でも言えることを示していますが、それではなぜ**人間は二つのことを同時に行うことが苦手なのか**が分かりません。この疑問が私の新たな「科学の芽」です。

現在の私の仮説は、人間は二つのことを同時に行うことが苦手なのではなく、そもそも**人間は通常集中力を持っておらず、一つに注目する時にだけ集中力が例外的に高まる**のではないかと考えています。脳の構造自体は原始時代と変わりありません。外敵から襲われる危険もあり、できるだけ集中せず気を散らせて周囲を警戒するのが最善な筈です。そして狩猟の時にだけ獲物に一点に集中する、二つに集中できないのはこのような古代の生活習慣に由来していたのではないのでしょうか。新たな疑問は増えるばかりですが、高校生になっても研究と実験を重ねてゆこうと思います。

参考文献 ①アラン・バッドリー『記憶力』(誠信書房、1988年10月) ②鈴木健二『記憶力のすすめ』(講談社、1991年1月) ③志賀一雅『覚えたら絶対忘れない超記憶術』(日本文芸社、1999年2月) ④磯博行『学習する脳・記憶する脳』(裳華房、1999年5月) ⑤池谷裕二『記憶力を強くする』(講談社、2001年1月) ⑥ダニエル・L・シャクター『なぜ「あれ」が思い出せなくなるのか』(日本経済新聞社、2002年4月) ⑦マイケル・クーランド『世界一分かりやすい脳を鍛えて記憶力を強くする方法』(総合法令出版、2002年11月) ⑧山元大介『記憶力』(ナツメ社、2003年6月) ⑨高田明和『記憶力が強くなる本』(第三文明社、2003年10月) ⑩友寄英哲『脳を鍛える記憶術』(主婦の友社、2005年1月) ⑪ウィリアム・リード『マインドマップ・ノート術』(フォレスト出版、2005年9月) ⑫B.フィールディング『同じテーブルの10人の名前、簡単に覚えられます』(三笠書房、2005年12月) ⑬米山公啓『無理せず覚える記憶術』(インデックス・コミュニケーションズ、2006年1月) ⑭ロブ・イースタウェイ『人はなぜ忘れるのか』(アスペクト、2006年3月) ⑮横山詔一『記憶・思考・脳』(新曜社、2007年5月) ⑯田中富久子『面白いほどよく分かる 脳とこころのしくみ』(アスペクト、2007年9月) ⑰大友英一『いくつになっても「元気な脳」でいる方法』(PHP研究所、2008年7月) ⑱児玉光雄『記憶力の鍛え方』(ソフトバンククリエイティブ、2009年2月) ⑲ダウエドラーイスマ『なぜ年をとると時間の経つのが速くなるのか』(講談社、2009年3月) ⑳ウィリアム・W.アトキンソン『記憶力』(サンマーク出版、2009年2月) ㉑A.R.ルリヤ『偉大な記憶力の物語』(岩波書店、2010年10月) ㉒高橋雅延『変えてみよう記憶とのつきあいかた』(岩波書店、2011年4月) ㉓田中真知『ひとはどこまで記憶できるのか』(技術評論社、2011年5月) ㉔伊藤真『記憶する技術』(サンマーク出版、2012年3月) ㉕ラリー・R.スクワイア『脳の認知と記憶システム』(講談社、2013年11月) ㉖ラリー・R.スクワイア『脳の記憶貯蔵のメカニズム』(講談社、2013年12月) ㉗高橋雅延『記憶の不思議が分かる心理学』(日本実業出版社、2014年6月) ㉘高橋雅延『記憶力の正体』(筑摩書房、2014年6月) ㉙沢田誠『なぜ名前だけがでてこないのか』(誠文堂新光社、2013年12月) ㉚加藤俊徳『記憶力の鍛え方』(宝島社、2014年5月) ㉛芦坂満里子『もの忘れの脳科学—認知心理学が解き明かす記憶のふしぎ』(講談社、2014年7月) ㉜山口真由『誰でもできるストーリー式記憶法』(角川書店、2014年9月) ㉝趙啓智太『つくられる偽りの記憶 あなたの思い出は本物か』(化学同人、2014年11月) ㉞出口汪『脳科学による世界一無理のない勉強法』(水王舎、2015年5月) ㉟柿木隆介『記憶力の脳科学』(大和書房、2015年11月) ㊱篠原菊紀『脳科学が教えてくれた 覚えられない記憶術』(すばる舎、2015年12月) ㊲ペネロペ・ルイス『眠っているとき、脳では凄いことが起きている』(インターシフト、2015年12月) ㊳樺沢紫苑『精神科医が教える覚えられない記憶術』(サンマーク出版、2016年1月) ㊴川村明宏『覚えたら一生忘れない最強記憶術』(角川書店、2016年2月)

⁶ 船橋新太郎「前頭連合野における神経活動の解析により二重課題干渉とこれにかかわる認知的な容量制限の神経機構」Nature Neuroscience, 17, 601-611 (2014) <http://first.lifesciencedb.jp/archives/8493>