

## 重ね合わせ学習について

2021年10月15日

山本恒夫

### 重ね合わせ(superposition)について

システム理論や物理学では、系が線形の場合、2つ以上の入力と同時に与えられた時の結果が、それぞれの入力単独に加えられた場合の結果の総和になるということを重ね合わせの原理(superposition principle)とっている。この重ね合わせは、電気回路でも使われている。

これを式で表せば、 $y=f(x)$ が線形の場合、

$$y_{1+2}=f(x_1+x_2), y_1=f(x_1), y_2=f(x_2) \text{ について}$$

$$y_{1+2}=y_1+y_2 \text{ が成り立つことである。}$$

それに対し、量子の重ね合わせ(quantum superposition)は、状態の重ね合わせである。量子は「物質」の性質と「状態」の性質を「重ね合わせ」の状態で持っている存在のことで、原子を構成している電子、中性子、陽子や光を粒子としてみたときの光子などがそうである。

状態の重ね合わせとは、ある状態を2つ以上の別の状態の重ね合わせとして表すことができることを指している。重ね合わせの仕方は複数可能であり、一義的ではない。

量子コンピューターは、この重ね合わせを利用している。

従来のコンピューターの最小情報単位は1ビットで、1ビットは常に「0」か「1」のどちらかにしかならない。量子コンピューターの最小情報単位は1量子ビット(quantum bit、キュービット qubit ともいう)で、1量子ビットは同時に「0」と「1」の両方の状態を持っている。量子コンピューターでは、量子の右回転・左回転、上方向・下方向などの重ね合わせ(quantum superposition)に0と1を割り当てているからである(図1)。「0」と「1」が重ね合わさった状態の量子ビットは、観測すると「0」か「1」のどちらかになるが、測定(出力)するまで値は確定しない。

重ね合わせ学習とは、ある活動と学習を同時に重ね合わせて行うことなので、重ね合わせ学習の重ね合わせは、状態の重ね合わせである。

重ね合わせ学習を量子に割り当てたような形で、重ね合わせを図示すれば図2のようになる。

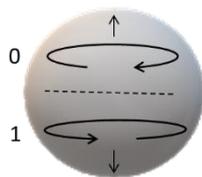


図1 重ね合わせ

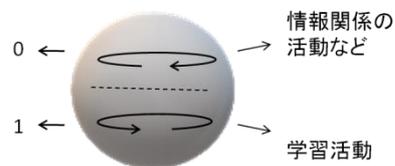


図2 情報関係の活動と  
重ね合わせ学習

### 注

図1、図2は、重ね合わせの量子状態を単位球面上に表す表記法で、物理学者のフェリックス・ブロッホ (Felix Bloch) にちなんでブロッホ球といわれている。

## 生涯学習の変動と生涯学習概念の拡大

量子コンピューターの実用化が進み始めたことによって、量子の持つ性質についての知識が広がり、人間・社会のさまざまな分野で見られる量子と同じような事象の解明が行い易くなった。生涯学習関連分野でも、量子の重ね合わせと同じような重ね合わせ学習があるので、それを導入することによって生涯学習の捉え方を拡大することが出来る。生涯学習の捉え方の拡大といっても、これまでのファジイ概念で問題のないところはそのままでよく、この重ね合わせ学習の導入は、新たに登場してきた情報や人工知能(AI)の利用などの領域で、従来の捉え方だけでは捉えきれないところの解明のために行うものである。

### 1つの提案

ここでの提案は、重ね合わせ学習を生涯学習推進上の留意事項に追加してはどうかということなのだが、この提案は、既に日本生涯教育学会年報第41号『生涯学習研究の継承と挑戦』(2021)の「継承と挑戦—本学会40年の時点で—」で行っている。

これまでの生涯教育・生涯学習に関する答申にみられる生涯学習の定義、留意事項は、次のようになっている。

#### ・中央教育審議会答申「生涯教育について」1981(昭56)

今日、変化の激しい社会にあって、人々は、自己の充実・啓発や生活の向上のため、適切かつ豊かな学習の機会を求めている。これらの学習は、各人が自発的意思に基づいて行うことを基本とするものであり、必要に応じ、自己に適した手段・方法は、これを自ら選んで、生涯を通じて行うものである。その意味では、これを生涯学習と呼ぶのがふさわしい。

この生涯学習のために、自ら学習する意欲と能力を養い、社会の様々な教育機能を相互の関連性を考慮しつつ総合的に整備・充実しようとするのが生涯教育の考え方である。言い換えれば、生涯教育とは、国民の一人一人が充実した人生を送ることを目指して生涯にわたって行う学習を助けるために、教育制度全体がその上に打ち立てられるべき基本的な理念である。

#### ・中央教育審議会答申「生涯学習の基盤整備について」1990(平2)

今後生涯学習を推進するに当たり特に次の点に留意する必要がある。

- 1) 生涯学習は、生活の向上、職業上の能力の向上や、自己の充実を目指し、各人が自発的意思に基づいて行うことを基本とするものであること。
- 2) 生涯学習は、必要に応じ、可能なかぎり自己に適した手段及び方法を自ら選びながら生涯を通じて行うものであること。
- 3) 生涯学習は、学校や社会の中で意図的、組織的な学習活動として行われるだけでなく、人々のスポーツ活動、文化活動、趣味、レクリエーション活動、ボランティア活動などの中でも行われるものであること。

この中央教育審議会答申「生涯学習の基盤整備について」でいわれている生涯学習推進の留意事項に、

「情報関係の活動などでは、学習が活動と重ね合わせて行われることもあること。」を追加してはどうだろうか。

上記の留意事項3)のように学習はさまざまな活動の中でも行われているが、活動の中で意図的な学習は、大体が活動そのもの前後や合い間に、活動からスイッチを切り替えて行われている(図3)。しかし、情報関係の活動では、図4のように意図的な学習が活動と同時に重ね合わせで行われることも多いので、今後のICT、人工知能(AI)の発展、社会への浸透を考えると、重ね合わせ学習を留意事項に追加しておいた方がよいように思われる。いうまでもないが、これは生涯学習を振興・推進・支援する際の留意点なので、無意図的な学習や環境等の影響などは含まれていない。

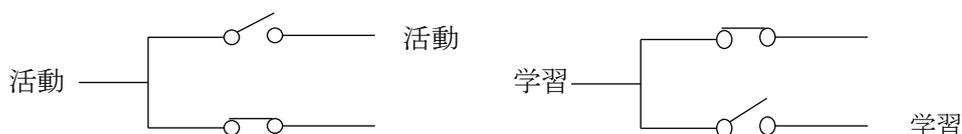


図3 さまざまな活動の中で行われる学習

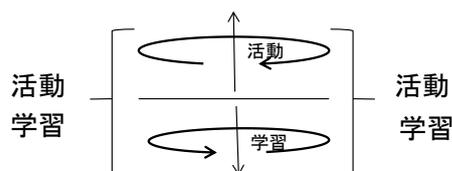


図4 重ね合わせ学習

#### 重ね合わせ学習の例1

高齢になり、音楽会へ行くことが楽しみとしている人がいて、常にインターネットで音楽会の情報を見ている。(趣味活動)

ある時、ヨーロッパから将来有望とされる若手指揮者が来日するとの情報が目に付いたので、それを見ながら、スマホでその指揮者のことを調べ、メモをとった。(情報収集と同時の知識獲得の学習)

#### 重ね合わせ学習の例2

令和になり、銀行は人工知能(AI)導入で支店の窓口業務を人工知能(AI)に任せ、職員を資産運用などの相談業務に移す改革を進めている。職員は常にタブレットで調べながら、相談業務に当たっている。

ある時、客から相談中に「自分のところの長男でも大学の授業料免除を申請できるか」と訊かれた。職員はすぐその場で文科省のサイトを調べて客に伝え、喜ばれた。(相談業務)。

その職員は、これはこれからも使えると思い、客への対応をしながらノートにメモをとって覚えた。(知識獲得の学習)

## 重ね合わせ学習の測定法

次に、重ね合わせ学習の簡単な測定法について、例をあげておくことにしよう。

例

x日 10:00~11:30に、ある銀行支店の職員が、前述の例2のような資産運用や遺産相続の相談1か月分の情報を集計し、取りまとめたとする。その作業中に、わからないこと(例えば先のような大学の授業料免除のことなど)が出てきたので、すぐにネットで調べ、知識を吸収したが、それが数回計13分だったとする。

全体は90分でそのうちの13分であるから、全体の中の14.4パーセントが情報作業と知識・技術習得を重ね合わせた時間となっている。以上をまとめたのが、表1である。

これを図示する場合には、まず、図5のようなプロット球を応用して、情報関係の活動と学習活動(知識・技術の習得)を重ね合わせて矢印とし、活動時点がわかるように1周を24時間として置く。次に、図6のように、情報関係の活動と学習活動の有向線分に重ね合わせの比率14.4%をプロットし、点線で結ぶ。さらに、球の中心から10:00~11:30を指し示して測定時点がわかるようにする。

表1 重ね合わせ学習の測定表(例)

(〇〇についての情報関係の活動)との重ね合わせ				
測定実施日:				
測定場所:				
時刻	0	6	12	18 24
T: 情報関係活動総時間		10:00~11:30、 90分		
S: 重ね合わせ(知識・技術の習得)活動時間		10:00~11:30の中で 数回、計13分		
総時間に占めるSの割合		$13/90=0.144$		

S: 知識・技術の習得活動時間は、例えばインターネットへのアクセス時間など。

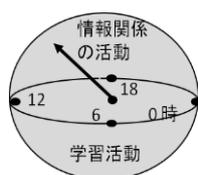


図5 重ね合わせ学習の測定

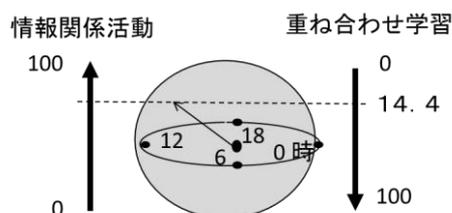


図6 x日 10:00~11:30の測定結果

パソコン、タブレット、スマホでは、知識・技術の収集・整理は人間が行うが、人工知能(AI)になれば、人間は人工知能(AI)に指示するだけで、収集・整理は人工知能(AI)がやってくれるから、重ね合わせの学習は、整理されたされた知識・技術を理解し、活用できるようにする時間が中心になるであろう。