

STREAMM :AI を使いこなす人材を育てる 教育カリキュラム (1)

STREAMM: A new educational curriculum that cultivates talent
capable of mastering and utilizing AI(1)

李 珍咏

Jin-Young LEE

DynaxT Co.*

j_lee@dynaxt.co.jp

田村優成、伊東 乾

Yuysei TAMURA & Ken ITO

東京大学情報学環

Interfaculty Initiative in Information Science, The University of Tokyo

itosec@iii.u-tokyo.ac.jp

梗概

2022 年以来、急速に発展し、普及を見せる生成 AI を脳の観点から検討し、そこに決定的に不足する要素を確定するとともに、集中的に伸ばす教育システムとして STREAMM の考え方を紹介する。2025 年時点の深層学習は脊椎動物全般に共通する脳の階層構造をモデル化したもので、ヒトに特有な高度に進化したモジュールを有さない。進化と発達の両面から考えて、これに相当するヒト～高等霊長類に特有の機能として再帰的な自己意識 , recursive self-consciousness に注目し、これに訴える自己言及的 self-referentiality な課題を用いることで、いわゆる非認知能力 Non-cognitive abilities を伸ばす STREAMM カリキュラムの例を紹介する。

Abstract

Since 2022, generative AI has rapidly developed and gained widespread adoption. This paper examines it from a brain perspective, identifies its critically lacking elements, and introduces the STREAMM concept as an educational system focused on intensively developing these areas. Deep learning as of 2025 models the hierarchical brain structure common to all vertebrates and lacks the highly evolved modules unique to humans. Considering both evolutionary and developmental aspects, we focus on recursive self-consciousness as the corresponding function unique to humans and higher primates. By employing self-referential tasks that appeal to this, we present STREAMM curriculum designed to enhance so-called non-cognitive abilities.

=====

*) DynaxT Inc. 2217-6 Hayashicho Takamatsu, Kagawa 〒761-0301 JAPAN

Keywords : STEM STEAM STREAMM, self-referentiality, recursive self-consciousness, mirror stage, non-cognitive abilities(自己言及性、再帰的な自己意識、鏡像段階、非認知能力)

1 導入:STEM-STEAMとその終焉、20 世紀末以降の情報人材育成の変化

20 世紀後半の米ソ冷戦構造が崩壊し、米国の国防予算でミサイル迎撃ネットワークが支えられなくなった 1990 年代、ARPA-NET を民生公開して Internet による情報商圏の新設が画策され[1] (“IT revolution” 「I T 革命」ネットワークの敷設自体が当初はビジネスの対象となった。

当初、IT 化はコストダウンの要諦とされ、競合他社より人件費を節減することで価格競争に生き残る背景圧をもって I T 導入が進められたが、2000 年前後まではネット商圏は大きく成長することはなかった[2]。

やがて 2001 年以降「これからはネットで儲ける時代」といった喧伝がなされ、インターネット・コマースと関連公告の経済規模が著しく拡大する。この時期に営業成績を伸ばした情報企業 Google, Apple Facebook, Amazonなどを総称して GAFA などと呼ぶのは周知であろう[3]。

1990 年代末には、こうした情報産業の急成長と並行してシステム・エンジニア、プログラマの人材不足が憂慮され「ソフトウェア・クライシス software crisis」の懸念が指摘された[4]。これにともない、プログラミング言語はオブジェクト指向言語に世代交代することになる。ナイーブな初期の「手続き型プログラミング言語」(BASIC, FORTRAN, COBOL など)と違い、C++や Java などのオブジェクト指向言語では、クラス class と呼ばれるテンプレートに属性 attribute と呼ばれるデータ情報やメソッド method と呼ばれる関数を与え、一括したオブジェクト object を構成することで、従来の手続き型言語よりも効率的なプログラミング=コーディングが可能なよう、手続きの簡略化が進められた(この傾向はオブジェクト指向言語 Python の普及で一定の収束を見せている)。

1990 年代の米国企業は、こうしたコーディングが出来る人材の量的不足を見通して、理数系に特化した基礎能力を持つ単純労務者の大量ニーズを予想した。これにともなって提起された概念が STEM 教育 STEM-education[5,6,7]である。

STEM とは Science Technology Engineering Mathematics の 4 者を総称するもので、同時に「幹」「切り株」等を意味する STEM にも意味が重ねられている。21 世紀の情報産業を支える「基幹人材」という含意で命名されたものであろう。この教育方針は 2022 年 11 月、OpenAI 社による ChatGPT の一般公開で完全に役割を終えた。情報大手各社は一斉にコーダー水準のプログラマについて人員整理を発表し、ソフトウェア・クライシス問題は完全に終焉した。

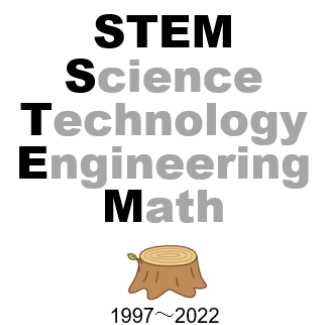


Fig.1 STEM education

また 2001 年以降、とりわけインターネットのブロードバンド化が進むとともに、初期のテキスト情報主体のホームページから、画像や音声動画など、ネットワークのマルチメディア化が急速に進展した。

これに伴い、もっともシンプルなホームページのデザインであっても「科学」「技術」「数理」だけではカバーできない状況が出来し、米国情報大手は工業デザイン相当の図案化などにも対応できる SE 人材が量的に必要であると考え始めた。そこで喧伝され始めたのが STEAM 教育 STEAM education と呼ばれる傾向である[8]。

STEAM 教育と称するものは 2023 年 3 月、OpenAI 社による GPT4 の公開によって完全にその役割を終えた。ホームページの自動デザイン程度の安易な制作は AI の自動出力で賄われるようになり情報大手はデザイナー相当の専従を大量に解雇すると発表、2023 年以降 STEAM を標榜する教育があれば、どこかで時勢を見失っていると判断してよい。



Fig.2 So-called STEAM education

米国情報大手のこうした安易な人材育成傾向に、一貫して批判的な視線を投げかけていたのが、欧州ならびに日本の心ある指導層である。米国では容易に人員整理が実施され、また新たなキャリア・パスを求めて人材の移動が一般的である。翻って欧州では、第二次世界大戦勃発の景気となった雇用不安～ファシズムの台頭などに極めて慎重であり、教育においても、そのひとの生涯を支えるだけの基礎的な人材育成が重視される。また日本では実質的な終身雇用制が残存しており、ピンポイントの要員不足に対応する安易な人材育成には批判的な観点が残っている。

2010 年代、当時のアンゲラ・メルケル政権下で Industry 4.0 政策[9]を推進していたドイツ連邦共和国では、2012 年以降急発展したパターン認識 AI[10]を活用した「高度自律システム」とりわけ自動運転システムの確立を 100 年前の「建艦競争 Naval arm race」に準え平和裏での経済・産業の発展を前提とするシステムインテグレーションが指向された。

ここでミュンヘン工科大学のクラウド・マインツァー Klaus Mainzer クリストフ・リュツゲ Christoph Lütge と東京大学の伊東 乾が提出したのが STREAMM の概念であった。

2 STEM-STEAM→STREAMM

STREAMM は 米国由来の皮相な教育スローガンである STEM 並びに STEAM を本質的に批判することから構想が始まった。端的には STEM の標語で羅列される Technology と Engineering の違いを米国由来の言説は一つとして整合して説明することができなかった。伊東と Mainzer は E を Engineering から Ethics 倫理に置き換えることで AI～高度自律システム・自動運転技術を支える基礎教育の根幹を定義しなおした。

STEM ならびに STEAM に共通して欠如する点として 1 文科系に相当するあらゆる賢慮 2 理系文系を問わず、技術倫理に相当する自省の観点 そして 3 一過性の人材不足対応ではなく、基礎教養として人材の一生を養う「リベラルアーツ」の観点が指摘された。

これらを補うものとして Engineering を Ethics に改め新たに Reflection 内省、省察、熟慮・熟議などを加え、さらに古典的な自由七学科 Artes liberales に準じて Musica 調和持続性の観点を加味したものが STREAMM の原義であった。注意すべき点として、2015 年、この概念が提唱された段階では「パタン認識 A I」しか存在せず、自動運転車輛技術などを前提に、致命的な交通事故における過失割合などを巡って「倫理」の議論が始まったことを挙げて置く。いわゆる生成 AI が普及するのは STREAMM の取り組みが始まって 7 年以上経過してからのことであった。



Fig.3 STREAMM (2015)

3 大規模言語モデルと「人格」問題

2022 年 11 月に公開された OpenAI 社の ChatGPT が人類史上に与えた最も大きな影響の一つは、**あたかも人間が書き記したようでありながら、実際には何びとにもその文責を帰属できない文章や文書の社会的な登場**にある。

だが少なくとも 2025 年時点で、この点が社会的に広く認識、受容されているとはいえない。社会的には、生成 A I を用いることで事務員に掛かる人件費が削減できる、あるいは従来であれば人間のクリエイタに発注していたイラストや音楽などを「自動生成」出来るので、コストダウンが図れるといった水準の認識に留まる。

だが、イラストや音楽を発注せずに済むという出来事の裏側には、著作権を主張する主体のない制作物が大量に生成可能であること、またそれらが容易にネットワーク上に流布可能であることなどの問題が表裏一体である。

よりこの問題が顕著なのは文字テキストである。報道や小説などの著作権者が特定できない、といった点以上に、**責任主体たる筆者、文責を持つ自然人格が存在しない**こと、法人格についても定かでない「生成コンテンツ」が何等かの社会的を引き問題を起こしたとしても、責任を訴求する対象が特定できないことに、より本質的な問題点が所在する。

端的に言えば**選挙違反**を挙げる事が出来るだろう。ネットワーク上で、特定の候補を称揚するコンテンツ、あるいは逆に特定の候補を誹謗中傷するようなコンテンツを自動生成し、ターゲットたる有権者に SPAM として送り付けることで、容易に**ネットワーク・マインドコントロール**を実現することが可能である。同時に、そのような**票の動向の左右を画策する真の正犯**が存在しても、高度自律システムが介在することで、それらの**刑事・民事・行政上の責任を問うことが原理的に困難**であることが、最も本質的で深刻な問題点になっている。

4 脳の進化から見る AI: 再帰的な自己意識と鏡像段階

2020 年代、広範に利用されている深層学習システムはニューラルネットワークの多層化によって機能を発現させており、事前の理論的予測によるのではなく、システムの規模拡大に任せて拡張を図る楽天的な特徴を持つ。これは、アカデミアや政府機関が主導するのではなく、実業界がイニシアティヴを執ることで現出している事態であり、状況としては 19 世紀前半の熱機関の発達に類似しているように思われる。

実業界はエンジン効率の無原則な上昇を願い、永久機関の開発を企図するものなども少なくなかったが、実際にはカルノー、クラウジウス以下の熱力学によって効率の限界が示された。

2020 年代の深層学習に関しては、多層化によってヒト脳の機能の多くを再現しようという無原則な企図が見られるが、原理的な困難がほぼ自明である。多層化の原点は福島邦彦によるネオコグニトロン(1978)[11,12]にあり、その発想の原点はヒューベル+ヴィーゼルによる視知覚の認識構造[13]にあるが、これらは犬や猫、多くの脊椎動物に共通する構造であって、特段、ヒト脳だけに見られる特異なものではない。

他方、認知と機能面の面からヒト脳の特徴を考えるなら他の多くの高等霊長類と人を差別化する特徴として「再帰的自己意識を挙げることが出来る。これは端的には「鏡を見て自分だと判る自己意識」であり犬や猫、又チンパンジーなど霊長目ヒト科に分類するサルにも見られない機能であり、端的に「AI とヒトユーザ」を決定的に区別する指標の一つと考える事が出来る。

オランウータンやボノボなど一部の高等霊長類、また無脊椎動物ながら、イカやタコの一部に「再帰的自己意識」が確認されたとする報告例があるが、ヒューベル+ヴィーゼルが視知覚のモデル動物として用いたネコの脳には発現せず、当然ながらそれをモデルに組み立てられた、福島邦彦以来のあらゆる階層学習、深層学習モデルでも、原理的に発現が期待できない機能である。この機能の進化的発現をヒト個体の発生、成長で考えるならラカン Jacques Lacan(1901-81)の提唱した鏡像段階 *stade du miroir*[14] がこれに相当するだろう。新生児は視覚が開かれていないが、早ければ 6 か月齢程度、一般に 18 か月齢程度までに、ヒト乳幼児は鏡に映った自分の姿を自己と認識する能力を獲得する。この、ヒトがヒトであることで発現する機能を、AI とヒトユーザを区分する教材の基礎に据え自己言及性の観点から教程を開発することを本稿では考える。

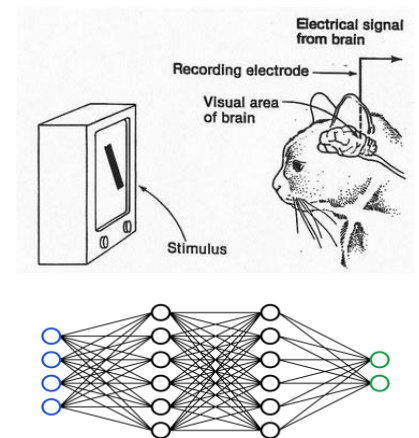


Fig.4 Top:Hubel & Wiesel(1965)
Btm: Typical neuralnet structure



Fig.5 鏡像段階

5 いわゆる「非認知能力」養成について…コロンブスの卵

教材の各論に入る前に、いわゆる「非認知能力」と AI 普及化以降の人材育成について簡単に補足しておく。大規模言語モデル LLM は基本的に記号化された情報をトークン token に区分し、その結合の分布から尤度の高い出力を得る演算原理に拠って立つ。逆にいえば記号化されない情報をそのまま LLM で扱うことは困難である。仮に記号列で表現できる情報を**筆記的記号情報** Symbolic Notational Information と呼ぶこととしよう。

労働経済学者ジェームズ・ヘックマン James Heckman(1944-)が論考“The Effects of Cognitive and Noncognitive Abilities on Labor Market Outcomes and Social Behavior”(2006)[15]で用いた「非認知能力 Noncognitive Abilities」という用語は、不適切にも「意欲や忍耐力、協調性といった数値化できない<非認知能力>」といった形で流布したため、特に教育関連の分野に大きな混乱を招いている。現実には、これらは「意欲や忍耐力、協調性といった、**安易な数値化が困難で慎重な評価が必要**な<非認知能力>」と、より正確に記述されるべきものであろう。

さらに、こうした人間の能力を、機械学習システムと関連付けて考えるとき<非認知能力>とされるものの大半が「**単純なテキスト記号列による情報化**」に馴染まないことを指摘しておく必要がある。

「**意欲や忍耐力、協調性**」といった人間の能力を指標化する方法が存在しないわけではない。よく知られた例としては心理学者**ミハイ・チクセントミハイ** Mihaly Csikszentmihalyi 1934 – 2021 の提唱した集中力や幸福感に関する諸概念の定量化などが挙げられるだろう。これらは**原理的に量化が不可能**のではなく、**安易な量化やその比較が容易に誤謬を導く**ことが問題なのであって、概念として不明確なわけでもなければ、育成が困難なわけでもない。

著者の一人は音楽家として、長年に亘って幼児から青年まで、音楽の専門教育現場に携わっているが[16]、**音楽教育現場では「非認知能力」の養成が主要な課題**であるため、的確な評価を伴うその育成を日常的に行ってきた。

もっとも単純な例としては「絶対音」に類する**音感教育**が挙げられる。これらは**譜面上に記号を用いて筆記可能な粗略な音程やリズム**ではなく、人間の聴解能力の限界近くでニュアンスを問う、典型的な**超・筆記記号的情報** Supra-Symbolic Hyper-Notational Information の聴解や表現、再現、創出などが問われる。

記号の目の粗さ程度に音程やリズムが合わせられるというのは、カラオケの自動採点と同程度で**アマチュア用の娯楽商用機**には用いられても、トップエンドでの音楽家育成とは一切無関係である。そうした低水準が、エンタテインメント・ビジネスにおいてはボリュームゾーンを形成するため、市場に普及することで、専門学生の低水準下を招いていることにも言及しておく。「非認知能力」を変に神秘化する必要はなく、ごく常



Fig.6 典型的な「筆記的」娯楽商品
Yamaha “Harmony Detector”

識的なトレーニングによって計画的に伸ばすことが出来る能力であることを強調しておく。Fig. 6 としてヤマハ社が高校生向けなどに発売している娯楽商品「ハーモニーディテクター」を挙げて置く。このような**粗略な機器で音感を削がれた状態で音楽大学に進学してきた学生に、プロフェッショナル水準での合奏ソルフェージュ能力を身に付けさせるのはしばしば困難**である。楽器の取りまわしの技量は高くても、高度な音感に欠けるため、プロになれない若い奏者の事例は多い。何が問題か？と問われれば、その場で響いている音を聴いて合わせるということが出来ない点が致命的である。

機を見るに敏といった、**こうした能力は決して先天的なものではなく、正しく導けば多くの生徒で伸長が期待**出来るものである。ただし経験的には**年齢の上限**があり、**18 歳ではしばしば遅すぎる**ように、30 年来の指導を通じて感じている。

こうした経験則も踏まえ、初等・中等教育において**超・筆記記号的能力** Supra-Symbolic Hyper-Notational Abilities の伸長・育成を、強く提起するものである。

具体的な STREAMM のカリキュラム紹介に先立って、このような「音感教育」また「美術」「体育」などの教程を通じて、「非認知能力」育成のカリキュラムへとスイッチングしてゆく考え方を確認しておく。

STREAMM のカリキュラムでは、原則として、生徒たちが自主的に作ったグループ、班ごとに課題に取り組む。これには前史があり、著者の一人が 2000 年から 2006 年にかけて東京大学教養学部で実施した「情報処理」での学生指導が基盤となっている。当時は「IT 革命」がいまだ称揚されており、初期の狭帯域（ナローバンド narrow band）でテキスト情報中心のインターネットから、2000 年以降はブロードバンド化 broad band が進み、いずれ個々人のユーザがテレビ局のように音声動画を配信しあう時代が到来するだろうことが、技術的に明らかであった。

2010 年代以降、爆発的に普及した YouTube などの動画配信を予見し、必修情報処理の枠で扱うようになったのは、ニューヨークで 9.11 同時多発テロが発生し、その模様が初期のブロードバンド・インターネットで配信されるよりも、我々の場合、早期であった[17]。合計 3000 人ほどの学生がこの教程で学んだが、必修であるので課題の提出率は 100%、またタッチタイプの習得率も 100%で、インセンティブを大いに高めたことは間違いない。残念ながらここでの教習データは 2015 年に廃棄してしまったため、ここで解析することはできない。

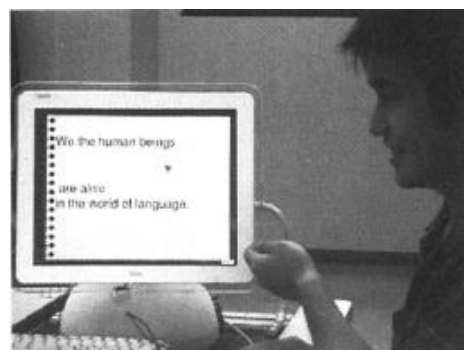


Fig.7 東京大学での初期の取り組み

2024 年から行っているモニター校、東海大学菅生高等学校中等部での授業では、友達同士で作った班ごとに、教室内で机を自由に動かし自分たちのベースキャンプを作るところから課題を始め、主体性ある取り組みを企画している。



Fig.8 モニター校の授業風景

6 システムへの 自己 の取り込み: Hello World 課題

2000 年代の東京大学での取り組みでは「共通言語ともう一か国語」の二か国語で、自分の研究テーマに関して 1 分間の発表を行い、これを班内で順次相互に撮影しあうことを、1 週間の間をおいて 2 回実施した。自分が被写体になる前に、必ずカメラマン役を担当することで客観的にコンテンツ化される際、ひとの振舞いがどのように記録されるかを観察できる機会を予め与えた。



Fig.9 ヴィデオ課題の指導教材例

2024 年からの中学生対象のクラスでは、音声動画による Hello World 課題として「自己紹介ビデオ Hello World」のヴァリエーションである、班内の別の友達を紹介する「他己紹介ビデオ課題」を実施した。ここでは、先に示した「鏡像段階」に相当する自己言及性が二つの水準で相関しておりより高度な involvement の実現を企図した。

第一は、自分自身が出演するビデオクリップを制作し、それを見るという意味での、古典的な自己言及性であり、第二は、その「自己」にまつわる情報を、自分ではなく、身近な他者、友人が原稿を準備し、それを読み上げるという「自己への言及性」である。

2000 年代においては、被写体自身が自分の論旨をプレゼンテーションし、それを友人が撮影、動画化すること自体が稀有であったため、先に挙げたような東京大学での取り組みが一定以上奏功したのであるが、2020 年代、スマートフォンの普及によって自分や身近な他者の動きを簡易録画することは生徒たちにとっては別段目新しい体験ではなく、自己への言及という観点からも新鮮な体験となることが必ずしも期待できない。



Fig.10-a ヴィデオ課題の実施風景

そこで、自分自身に関する情報を、友人が取材し、まとめて動画コンテンツとして紹介するループを班内で組ませることにしたものである。すべての生徒は、自分以外のだれか他のメンバーについて、その人を紹介する原稿を作成し、動画コンテンツ上で発表する。同じことを自分に関しても、誰かほかのメンバーが行っており、それが巡回置換的に一巡し、必ずしも2人だけの交換にならないよう指導した。



Fig.10-b ヴィデオ課題の実施風景

このように設定する事で「自己」を巡るコンテンツ制作を分断、モナド化することなくチーム内全体で共有する事で、後続する他の課題「作品の共有」等に滑らかな教程の道筋を準備することを企図した。

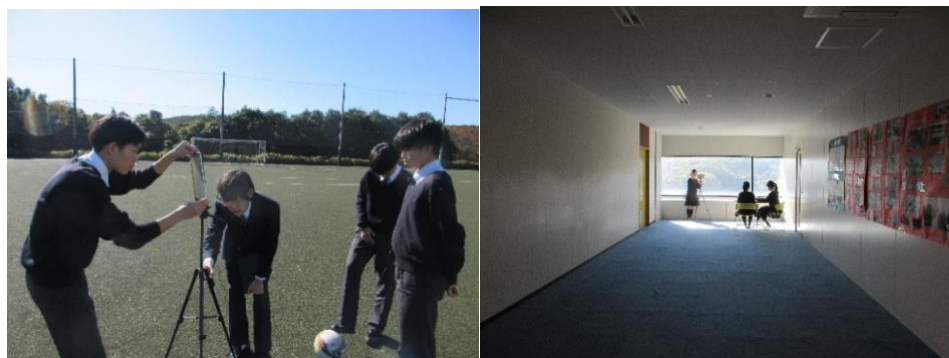


Fig.10-c(左), d(右) ヴィデオ課題の実施風景



Fig.10-e(左), f(右) ヴィデオ課題の実施風景

本課題の導入により、生徒たちは「自分がどのように他者から見られているか」という点を自然に意識するようになる。特に「他己紹介」形式による制作は、自己言及性を間接化することで、直接的な自己表現に伴う照れや抵抗を軽減させ、むしろ仲間の観察を通じて自分を捉え直す効果をもたらしたと考えられる。

提出された映像の多くでは、被写体となった生徒の特徴を具体的なエピソードや感情語

で説明する場面が見られ、単なる紹介ではなく「語ることを通じて他者を描く」姿勢が形成されていた。これは、STREAMM の目指す再帰的な自己意識の芽生えであり、従来の単方向的なプレゼンテーション教育とは異なる成果といえる。

また、カメラワークや構成、背景音など、技術的な工夫が複数の班で見られ、AI 以前の世代が映像制作において到達するまでに要した学習過程を、自然に短縮して獲得していた点も注目に値する。生徒たちはAI を使って編集補助を行うことで、制作過程そのものを「自己拡張的な学習体験」として捉え、単にアウトプットを生成するだけでなく、学習環境との相互作用を意識化する段階へと達した。

現時点では定量的な解析は実施できていないが、次報（教育カリキュラム（2））において、提出映像の発話速度・語彙分布・構図分析などを通じて、非認知能力の定量的評価指標の検討を進める予定である。

7 の仮託…＜作品＞への自己投射

ここからの展開として、より直接的に写真や動画など鏡像同様の「自己言及性」を持つ身体性拡張型 AR-IO システム「AIReE」の用例と、より抽象的に「自分の作品」を生成 AI 支援環境で生み出してゆく「多言語俳句・俳画課題」を簡潔に紹介する。

AIReE の詳細は別論文に譲り、ここでは「Hello World」課題同様、タブレットやPC が動画カメラとして機能し、ユーザ自身のみならず、その挙動もがデータ化され、システムに取り込まれることで、「行為」＝「作品」が生み出されてゆく。ここでの「作品」は非筆記的な軌跡でもありえ、またアルファベットやカナなどの文字でもありうることに注意しておく。

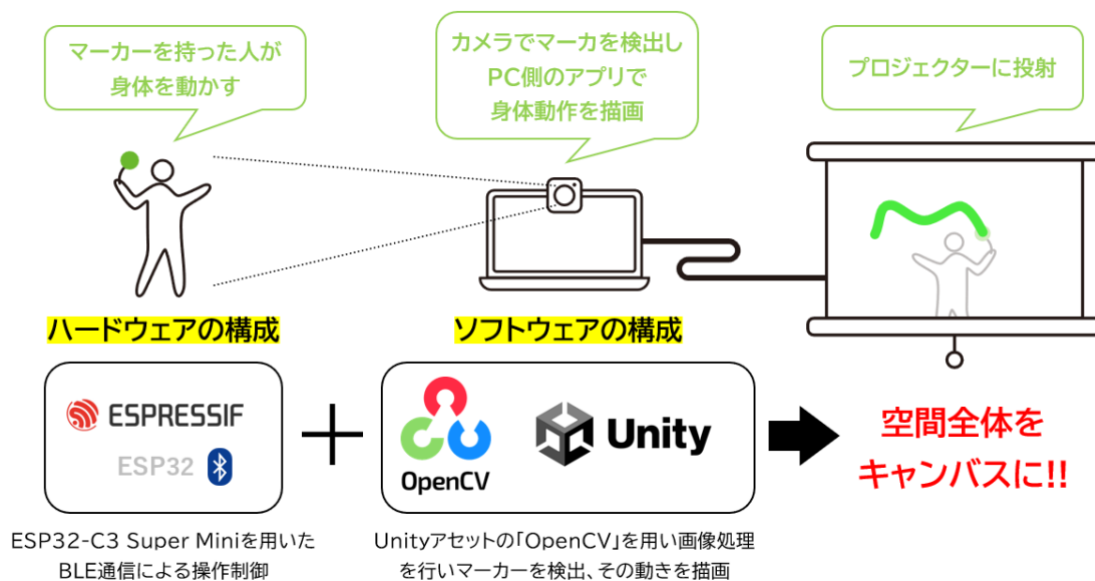


Fig.11 「AIReE」ハードウェアとソフトウェアのシステム構成の概要

AIReE では、自分たちの生活空間がタブレットという「鏡」に映し出されており、それに働きかける事で「軌跡」がデータとして残されてゆく。

2 歳児に AIReE のシステムで遊ばせると、まず自分自身を塗りつぶすという行動が見られる。

次に、同じ画面上に母親の姿を認めると「ママー」と叫びながら、母親の姿を同様に塗りつぶす。こうした反応は児童画の分析では広く知られるものであるようだが、A R 環境での適用はおそらく最初の例であり、より踏み込んだ分析と、固有の教材開発を継続する念頭である。

より高度な抽象性をもった「自己の仮託」として、中学生を対象に、まず生成 AI から「俳句」を複数出力させ、それらを編集することで一本化し（AI 句会の主催）、さらにその合成俳句を文体を持った外国語に訳させ（例えば「シェイクスピアのソネット形式の英語」「ラシーヌ戯曲の科白文体のフランス語」など）それを吟味のうえ採否を決定し、さらにそれらに対応する「俳画」を、プログラムから描画させる 「多言語俳句・俳画課題」を実施した。

ビデオ課題の提出率は 100%、俳句の編集・合成、その英訳や俳画の提出率も AI 支援環境では非常に高く、なんらかの意味で「自分」を反映させた「作品」の提出を、多くの生徒に体験させることができた。

これに対して、中学 3 年生のみを対象とする、必ずしも自己言及的ではない「研究論文」の提出率は 50%に到達しなかった。

同一の AI 支援環境で、比較的少ない手間でアウトプットが可能であるにもかかわらず、自己言及的でないテーマに関して達成率が低かったことは、A I 駆動環境で児童・生徒向けのテーラードメイドカリキュラムの生成が自在に可能である現下の状況に重要な示唆を示していると思われる。



Fig.12 2 歳児の AIReE『鏡像』への反応

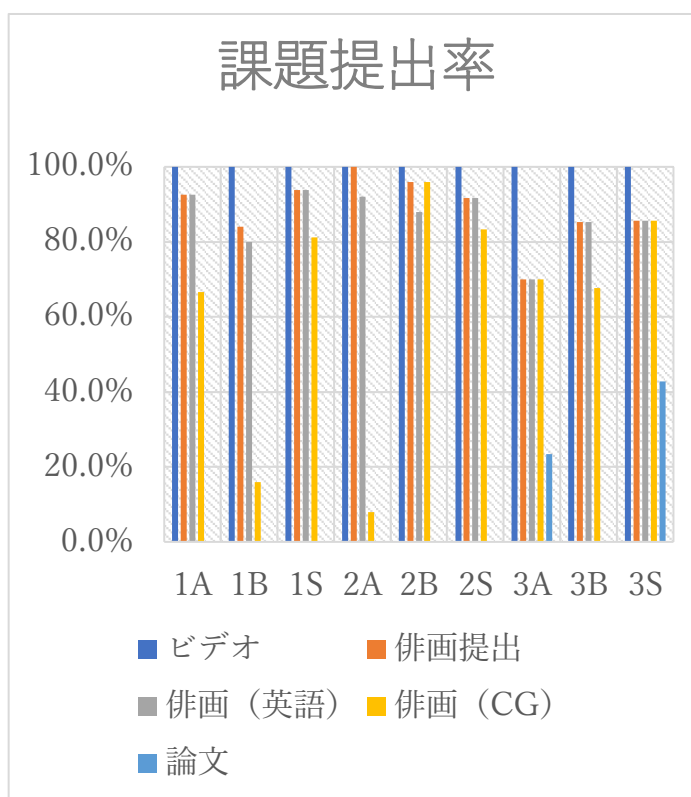


Fig.13 課題提出率のグラフ

8 結語

本稿では、STREAMM の基本的な考え方を示し、その本質的な実効性の根拠を確認するとともに、具体的なカリキュラムの実践例として「Hello World」課題および「他己紹介」課題を示した。いずれも

AI 環境下での非認知能力養成を念頭に、自己言及性に訴える課題として構成したものである。生成 AI が普及した時代、社会において、学習者は AI を単なる道具として利用するにとどまらず、AI との適切な対話を通じて自己自身とも出会い直し、自他ともに新しい価値や意味を構築していくような非認知能力が重要となるだろう

本課題の実践を通して、生徒たちは互いに「観察者」と「被観察者」の立場を入れ替えるプロセスから、再帰的な自己意識 (recursive self-consciousness) に多くの刺激を得ている。その結果、主体的な好奇心をもって課題に取り組み、高い課題の提出率が達成された。STREAMM の理念における“Reflection”「熟慮・内省／対話」の要素が、単なる省察を超えて「関係の中で自己を再構成する」克己、自己更新の経験に導く「非認知能力育成カリキュラム」として機能しつつあることを確認できた意味は大きく、今後のシステム更新に活かしてゆきたいと考えている。

筆者らは、AI 支援環境を前提とした学習において、「倫理」「熟慮」そして「調和(musica)」といった STREAMM の根幹要素を、年齢層や教科を超えて横断的に展開することを検討している。若年は乳幼児の、生まれて初めて手にするデジタルガジェットから、高齢者についてはロコモーション、認知症などへの対策、それらへのリハビリテーション、さらには見守りに至るまで広汎な応用に直結している。

生成 AI が、単に「プロンプトを入れて答えを出す」道具ではなく、「自らを振り返り、思考を深めるための電子的な鏡」として機能するよう、教材と評価の両面で設計を進めていきたい。

References

- [1] Peter H. Salus, “The ARPANET Sourcebook: The Unpublished Foundations of the Internet” Peer to Peer Communications (2008).
- [2] James Bessen, “Technology Adoption Costs and Productivity Growth: The Transition to Information Technology” *Review of Economic Dynamics*, Vol.5, Issue 2, pp.443-469 (2002).
- [3] Henri Verdier and Nicolas Colin, “L’Âge de la multitude: Entreprendre et gouverner après la révolution numérique” *Armand Colin* (2012).
- [4] W. Wayt Gibbs, “Software's Chronic Crisis” *Scientific American*, Vol. 271, No. 3, p. 86 (1994).
- [5] NSF, “Information Technology: Its Impact on Undergraduate Education in Science,

Mathematics, Engineering, and Technology” NSF (1996).

[6] National Research Council, “Developing a Digital National Library for Undergraduate. Science, Mathematics, Engineering, and Technology Education”, National Academy Press (1998).

[7] NSF, “REPORT OF THE SMETE LIBRARY WORKSHOP” NSF (1998).

[8] G. Georgette Yakman, “STEM Pedagogical Commons for Contextual Learning: How Fever Teaching Divisions Can Provide More Relevant Learning Connections, Paper written for Virginia Tech STEM Education Pedagogy including the first appearance of the STEAM Pyramid” (2006).

[9] acatech, „Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0: Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0“ *Forschungsunion* (2013).

[10] Quoc V. Le, Marc’Aurelio Ranzato, Rajat Monga, Matthieu Devin, Kai Chen, Greg S. Corrado, Jeff Dean and Andrew Y. Ng, “Building High-level Features Using Large Scale Unsupervised Learning” *Google* (2012).

[11] Fukushima, K. “Cognitron: a self-organizing multilayered neural network” *Biol. Cybernetics* Vol. 20, 121-136 (1975).

[12] Fukushima, K. “Improvement in pattern-selectivity of a cognitron (in Japanese)” *Pap. Tech. Group MBE* Vol. 78-27, IECE Japan (1978).

[13] Hubel, D. H., and Wiesel, T. N. “Receptive fields and functional architecture in two nonstriate visual areas (18 and 19) of the cat” *Journal of Neurophysiology*, Vol. 28(2), 229–289 (1965).

[14] Jacques Lacan, “Le Stade du miroir comme formateur de la fonction du Je : telle qu'elle nous est révélée dans l'expérience psychanalytique” *Presses universitaires de France* (1949).

[15] James J. Heckman, Jora Stixrud, and Sergio Urzua, “The Effects of Cognitive and Noncognitive Abilities on Labor Market Outcomes and Social Behavior” The University of Chicago Press, Vol. 24(3), 411-482 (2006).

[16] K. Ito et al. “A New Principle of Super-Hyper e-learning based on Natural Linguistic processing and Neuro- Informatics” *The 1st AEARU Network Education Workshop Proceeding* pp. 92-104 (2002).

[17] K. Ito, “絶対情報学” 講談社 (2006).