

博士論文

子どもの成育を促す
自然と融合する AI・デジタル技術の試作と社会検証

(Prototype and social verification of AI and
digital technology for child development support
that integrates with nature)

2024 年 9 月

當本 ふさ子

山口大学大学院創成科学研究科

概要

近年 IT や AI の進歩により、子どもの玩具もオンラインゲームや AI を搭載するなどと、大きく変化している。社会の繋がりを分断したコロナ禍では、オンラインゲームの仮想空間は、若者の一部にとっては社会生活を可能にし、友人関係を維持したり、多くの時間を過ごし、概念や活動が日々新たに生まれるなど、社会生活空間となっている。

本来、子ども同士は自然の実空間の中で群れて遊ぶことにより、多様なリスクへの対応のし方、仲間とのコミュニケーション、互いに助け合う社会つくりの方法などを学んで来た。自然とは近代化により減少した海や山、広場、小川だけでなく、草花、動物、人間、重力環境などが想定される。ところが、自然の中で子どもだけで安全に遊ぶことが、大人がつくり出して来た社会環境においては難しくなっている。その対処として、信頼できる大人が見守り、子ども同士が自由に群れ遊ぶことのできる空間“プレーパーク”の役割は、子どもの成育に無くてはならない重要な場の提供となる可能性があり、我々は提供に努めて来た。

そこで、本研究において、成育環境の現課題の解決を目指した新しい方策として、プレーパークと IT/AI を繋ぐ子どもの遊び学ぶ環境づくりを探り、3つの社会フィールドにおける実践的試行や分析を行った。

課題1では、プレーパークで創発されたしくみである、ロープと自然木を繋いだブランコが協創を促す成育支援システム機能に着目し、映像の深層学習を活用した、社会的な支援行動を識別し得る人工知能のプロトタイプの開発を試みた。近年、都市化が進み、子どもたちが屋外で自然に遊ぶ機会が失われて来た。その代わりに、室内での一人遊びの機会が増えている。子どもたちにとって、自立性、積極的な参加、協調性、創造性、持続的克服などの社会的スキルを身につけるためには、自然環境での子ども相互が係わる遊びが有効と仮説している。その実践検証として、市民、行政と大学が自然遊びを奨励するプレーパーク・イベントを開催したところ、木製の座板、ロープ、滑車、その懸垂を支える自然木で構成された手作りのブランコが産出された。その優位特性として、乗り手でない人が自身の手の擦傷も厭わず全力でロープを引き、乗り手の上下昇降を興

じさせる、従来機能を拡張した他者間が協働する遊具となった。この自然生成された社会協調行動は複数回のイベントで再現的に確認されたため、その客観定量的な行動心理の識別を目指し、基本的な深層学習の手法を用いて、3種の特徴行動識別を目指す人工知能の予備的試作検証を試みた。本検証提案は、子どもの社会性育成を支援する将来的な教育システムの先行提案となる可能性がある。

課題2では、現代の子どもたちは日常的に自然の中で遊ぶことが困難となっている。その補完を目指して、新しいメディアである仮想現実 VR360 度空間視聴再生技術を使用した自然体験視聴をすることが、成育支援へ何らかの寄与に至るかを検証した。VR視聴による影響を視聴前後に提示を求めた描画像を比較することにより検証したところ、こどもを取り囲む視聴時環境が人工物主要の屋内か、木・土・空など自然が広がる屋外か、により視聴前の描出力数に大きな差異などが示された。描画像出力の質的な差異の検討などを、今後、画像識別 AI の活用により開発する必要がある。

課題3では、発達期小児へのコミュニケーション分断社会への Web 会議システムを活用した介入提案を行った。2020 年の最初から始まった COVID-19 禍で生じた社会分断の加速に対処した試行について振り返ることで、今後も繰り返されるであろう、未来のパンデミックへの経験知に基づいた逸早い介入の最適化に貢献できる可能性がある。発達期に同世代や異世代の小児同士が共に遊びを協働するコミュニケーション経験を通して、互いに異なる多様性を受容したり反発したりしながら相互作用することは、複雑な社会適応性を学ぶ機会、と考えられる。この学習の環境を失わせることとなった COVID-19 禍の開始直後の子どもの日には、この学習障害リスクが危惧されていた。そこで急遽、オンライン会議システム上で、互いの好きな遊び方法を伝え合い、共に遊び合ったり、創造性を協働したりするコミュニケーション療育イベントを企画し、互いにコミュニケーション経験のない5つの子ども支援活動コミュニティに呼びかけ、当日に同5コミュニティの15名の児童と保護者やスタッフ10名が参加し、初めてのオンライン遊び交流事業の挑戦を試みた。その結果、オフラインでは不可能であった1000kmの長距離を超えた異なる地域文化の交流や、異年齢層の子ども15名が10種の遊びを

紹介し合い、互いの遊びの同調的实施や会話のやりとりを通して、協創的に遊び合う状態が生まれた。いわゆるオンラインゲームなどの仮想メディア内コミュニケーションと一線を画し、自然環境因子とみなせる地球重力の実空間での身体運動をオンラインを介して協働させたり、身近な植物などの生きものが加わる、自然と IT の融合表現が子どもたちにより創発された。また、年齢に合わせた質的調整の必要性も示唆された。

以上の 3 課題が有効性を示した「自然と AI/IT が融合する子ども育成支援システム」の試作と社会検証知見を活かして、今後、発達障害療育や、パンデミックなど災害発生時のコミュニケーション抑圧社会に備えた補完システムの開発に、発展が期待される。

目次	
概要	1
第一章包括緒言「包括緒言：自然と IT/AI を繋ぐ新しいプレーパーク成育支援システムの開発に向けた予備検討」	5
1. 人と遊び	5
2. 子どもの遊び環境の変化	6
3. 外遊びの効用とプレーパーク	7
4. 発達障害の増加	11
5. 本研究の目的	13
第二章自然ブランコによる協働行動の創発性と定量再現的評価 AI 開発に向けた予備試作検討[39]	15
1. 緒言	15
2. 方法	15
3. 結果	19
4. 考察	22
5. 結論	23
第三章バーチャルリアリティ映像と視聴屋内外環境が子どもの創造機能に与える影響[67]	25
1. 緒言	25
2. 材料と方法	27
3. 結果	29
4. 考察	31
第四章パンデミック禍直後のオンライン療育法提言：2020 年新型コロナ感染予防の日本全国小学校学級閉鎖時の児童間社会コミュニケーション促進効果と年齢依存性評価[144]	35
1. 緒言	35
2. 材料と方法	37
3. 結果	40
4. 考察	48
第五章 本研究の総括、今後の研究方向性、及び展望	54
1. 総括	54
2. 今後の研究についてと課題	56
利益相反 COI	77
倫理に関わる考慮	77
付録	78

第一章 包括緒言「包括緒言：自然と IT/AI を繋ぐ新しいプレーパーク成育支援システムの開発に向けた予備検討」

1. 人と遊び

子どもや若者は、遊びを介した経験学習により、社会性などを司る脳機能を育む[1], [2]。遊びは人間だけではなく、哺乳類や鳥類にもみられることが論文に報告されている[3]。浮性卵などで生まれた稚魚などは遺伝情報に埋め込まれた本能だけで自律的に生きていく[4]とされるのに対し、哺乳類や鳥類は親が協力的な子育てをする[5]。協力的な子育てをする哺乳類や鳥類に、遊びの行動が認められることが多く、保育者の行動を子どもが模倣する模倣遊び[5]、すなわち、発達心理学で称するところの「ごっこ遊び」に関係するかもしれない。親との信頼関係、愛着が構築され[6]、親を安全の拠点としながら探索行動の行動範囲を少しずつ広げ、知覚機能が発達すると相乗的に探索行動範囲が大きくなる[7]。親の狩りの様子を真似ての追いかけっこや取っ組み合いなど、生きる方法を遊びから学び、筋肉を鍛え、自律し生き抜く力を育むため。単独遊びから集団遊びへと移行し[8]、遊びを通して外の世界とつながり方を学んでいく、とされている。人間の子どもは、他の哺乳類と比べ生理的早産、とみなされるように、身体に占める脳の割合が大きく、他の部位の成長が未熟な状態での誕生となるが、生後初期から手足をバタつかせ、5 か月くらいに首が座り、多くの場合 2 か月ごろから追視を始め、5 から 6 か月になると欲しい玩具に手を伸ばし、舐めたり、振ったり遊ぶようになる[9], [10]。おもちゃは獲物であり、距離を認識してつかむという動作は動物が生き延びる本能に基づく遊びの可能性がある。這って移動できるようになると、探索範囲は広くなり、立ち上がり、伝い歩きへと行動範囲が広がり、一人遊びから集団遊びへと移行し、少しずつ社会的スキルを身に着ける[11]。また、子どもたちは外遊びをすることで、普段あまり使っていない感覚を研ぎ澄ませる[12]。ヨハン・ホイジンガは「人間とは遊ぶ人」と表現をした[13]。遊びは文化に先行しており、遊びからあらゆる文化は生まれたと述べ、次のような遊びの定義を列挙し、特徴付けた。

- ① 自発的に行われるもの。

- ② 目的がない。
- ③ 場所的・時間的限定性をもつ。
- ④ 秩序を創造する。
- ⑤ 秘密をもつ。

これらの遊びは、生涯の基本的神経ネットワークを構築する必須の発達過程と考えられる一方で、近年は都市化の進行により、子どもが容易にアクセス可能な外遊び空間が減少している[14]。大人の管理の下に安全な学童保育は屋内の滞在を増加させ、大人の価値概念の追従しか許可されない行動制約の状況にある可能性がある。子ども自身の価値判断は拒絶され、大人が有意義とする価値判断の追従しか許容されなくなった可能性はないだろうか。その一例として、都市部の市民文化の変遷により外遊びの環境概念が変化し、公園でのボール遊びなどの使用規制が街区公園のおおよそ6割に規制がある[15]。子どもたちだけで遊ぶことの社会的リスクも懸念されることから[16]、運動もスポーツ教室の管理下が推奨されるようになり、屋内嗜好が増加し、野外での自由遊びが減少した[17]。街区公園から危険な遊具は排除され、「人生に必要な知恵はすべて幼稚園の砂場で学んだ」[18]と言われた砂場さえも猫の糞尿で衛生観点を理由に排除された。結果的に、子どもたちは自主的に自由に考え自然に遊び学ぶ、ものづくり、ことづくり、ひとづくりの権利、我々の研究室が特に主張し検証を続けて来た「**3自の3つくり**」が奪われていることにならないだろうか。

2. 子どもの遊び環境の変化

世界的にみても、近年の都市化が里山や草原など子どもたちの自然体験可能な遊び場を減少させ、子どもたちの遊び場は外から室内へと比重を移している。これに対し、外で遊ぶことはストレスの緩和を図り[19]、身体の健康のみならず、情緒的幸福も得るこ

とが示唆されている[20]。子どもの権利条約[21]では児童教育の指向の中で自然環境の育成の尊重が挙げられているが、30 年以上経ても自然の減少に歯止めがかからず、ほとんどの人が日常的に自然と触れ合う機会は、親世代と比べて大幅に低下し[22]、私たちの生活の 90%以上は建物の中で過ごしているとの研究もある[23]。日本学術会議の提言（2008 年）に「子どもたちが群れて遊ぶ「公園・ひろば」の復活」が示されたが、子どもだけで遊ぶことにリスクが伴う社会情勢や[16]、2020 年からのコロナ禍で室内遊びは更に加速した[24]。子どもにとり、自主性、積極的な参加、協働性、創造性、粘り強さなどの社会的スキルを、日々、体験的に学習することができるしくみや、遊びながら相互に影響を与え合い学ぶことのできる環境が備えられていることが期待され、その要素の多くを自然環境に見出すことができる。一方、子どもたちがより長く滞在するようになった屋内環境では、IT/AI の劇的な進化に伴い、SNS を介したコミュニケーション習慣[25]が浸透した。さらに、複合的な感覚認知処理を導くポテンシャルを有した新しいメディアツールの VR や AR など、バーチャル空間へ没入し展開するような機会が子ども社会においても少しずつ普及が進み始めている[26]。

3. 外遊びの効用とプレーパーク

日々の生活の中で群れて遊ぶことにより獲得していた多様なリスクへの対し方、仲間とのコミュニケーション、互いに助け合う社会づくりの方法を学ぶことができる学びの場が外遊び、と仮説するなら、近代化、都市化に伴い、その機会が失われた、と考えられる。子どもの玩具もオンラインゲームや AI を搭載するなど、屋内利用を基本とするばかりでなく、遊びに使う道具も屋外で得た材料から自らつくるのではなく、大人が用意したものだったり、アナログからデジタルへと質的にも大きく変化した[27]。自然体験は自尊感情を向上させるが（図 1-1）、近年の経済格差が自然体験への参加に影響する。都市部からその距離が遠くなる一方の海や山へ出かけたり、キャンプをしたりするなどの体験が出来ない家庭の子どもも多く、経済格差は子どもたちの体験格差を招いた可能性がある（図 1-2）[28]。

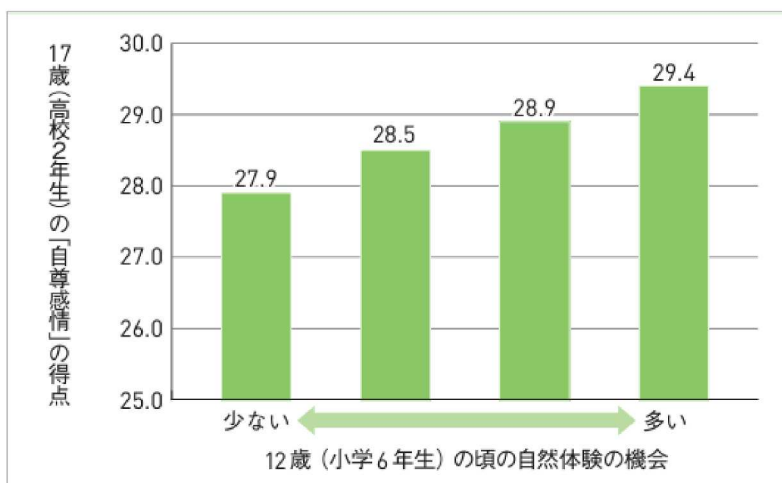


図 1-1 17歳の「自尊感情」の得点

文部科学省令和2年度 青少年の体験活動に関する調査研究 報告パンフレット
(概要)より

この格差などの課題を補完するために、身近な公園などを会場に、信頼できる大人が見守り、子ども同士が自由に群れ遊ぶことのできる空間“プレーパーク”は、子どもの成育に無くてはならない学びの場になり得ることが示唆される。

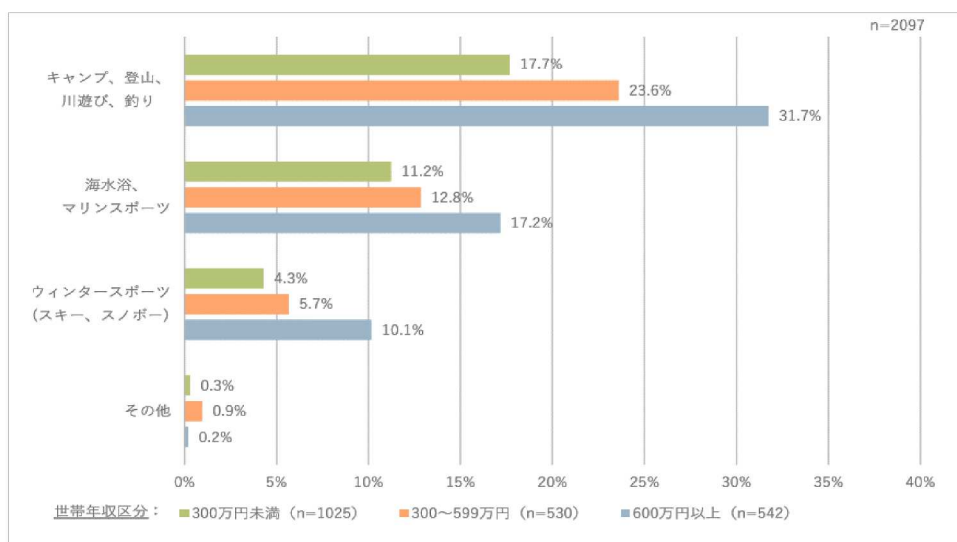


図 1-2 各種「自然体験」に参加している子どもの割合（複数選択）

公益社団法人チャンス・フォー・チルドレン子どもの「体験格差」

実態調査最終報告書より

https://cfc.or.jp/wp-content/uploads/2023/07/cfc_taiken_report2307.pdf

子どもに屋内にひきこもらせる社会圧を巻き起こした2020年から世界的に感染が広がり約3年継続した新型コロナウイルス感染拡大の予防の影響は、小学生、中学生の男女とも体力が低下した統計量に表現されている可能性がある（図1-3）。

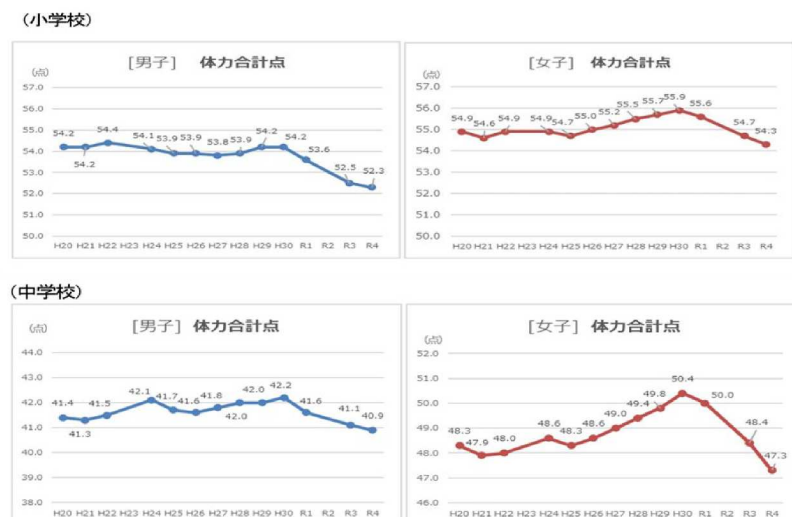


図1-3 体力合計点の状況

(文部科学省令和4年度 全国体力・運動能力、運動習慣調査の結果(概要)についてより)

また、近代で視力の悪化が進行を続けていることが報告されており（図1-4）、屋内で滞在しゲームなど目を酷使用する屋内遊びの質的变化の影響が想像される。

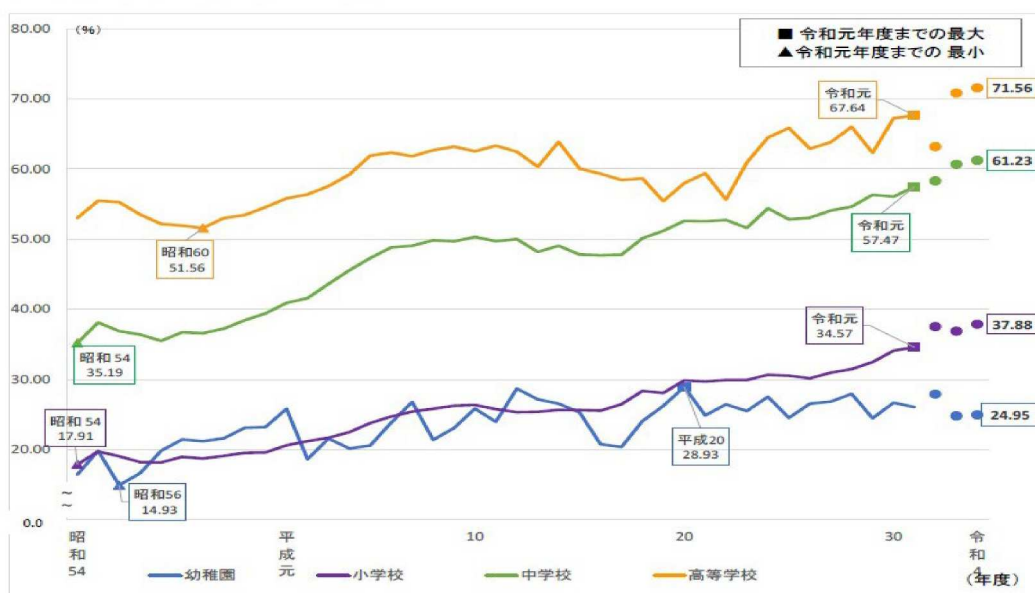


図1-4 「裸眼視力0.1未満の者」の割合

文部科学省 令和4年度学校保健統計(確定値)の結果の概要より

プレーパークは冒険遊び場とも呼ばれ、1947 年デンマークで生まれた。その後イギリスで発展しスイス、イタリア、アメリカへと広がった[29], [30]。日本では 1979 年の東京都世田谷区羽根木に最初のプレーパークが開設され、その後全国に広がった。プレーパークとはプレーリーダーやプレイワーカーと呼ばれる大人が居る遊び場で、

日本の子どもの成育環境で想像されるこれらの背景仮説を課題として解決を目指すしくみが、プレーパークである。ここでは、土、水、草、木、虫などの小さな自然に囲まれながら、子どもが自らの課題を自然やその社会で見出し、子ども同士で自由に工夫を重ね遊びを作ることが出来、通常は許可されないが設定日時のみ特別な“聖域”として用意するしくみで、大人から予め用意し追従を要求するプログラムもない[31]。我々の研究室を中心に山口大学の学部を超えた学生や教職員の参画によって、市民、行政などと連携し、2018 年から 2023 年にかけて、山口県宇部市や山口市、萩市、周南市、田布施町などの都市公園でプレーパーク・イベントを開催した。日本各地の多くのプレーパークと同様、公園の一角などに何種類かの手作り遊具を設置し、子どもの自主・協創活動を支える主旨を予め学んだプレーリーダーや地域の大人と一緒に遊び見守りを行った。子どもたちは好きな遊具や材料を選び、時には木の枝も折るなどして遊びを創造し、自由に遊ぶことが出来、設置する遊具は、季節や公園の地形、参加者の遊びや動線により対応した[32]。この一連のプレーパーク・イベントへの主な設置遊具はパイプを使用した櫓、ブルーシートに水を撒いたウォーターライダー、焚火、使用済みの段ボール、シーソー、そして太い木が生えている公園では自然素材の手作りブランコなどであった。子どもたちが大人の見守りのもと、自然の中で受傷や感染などを含む小さなリスクに挑戦し免疫記憶など自己治癒力の獲得を想定した取り組みであることを、全参加者に伝えた。特に、主役である子どもに、子どもの尊厳ある子どものための場やしくみであることを伝え、2 - 3 歳児なども険しい斜面で重い遊具材を自主的に積極的に運んだり、率先して建築工具の活用や後片付けに参加するなどの驚くような独立した存在の様相が度重なり観察された。大人は大きな怪我の発生が無いように、そっとこれらを見守った。このプレーパークにおいて、多くの子どもたちによる新たな遊びが生まれた。本研

究全体に一貫した遊び学びの対象フィールド、プレーパークについて、第2章では自然素材から参加者の手で協創したブランコが創発した協働性、第3章ではITを活用した新たなデジタル遊具と従来のプレーパークの繋がり、そして、第4章では公園活用が制限されたコロナ禍での屋内におけるオンライン・プレーパークの試みが示した子どもによる前述の“3自の3つくり”と社会的スキル（自立性、積極的な参加、協調性、創造性、持続的克服）を身につけるには自然環境での子ども相互に係わる遊びが有効と仮説について報告する。

4. 発達障害の増加

アメリカでは子どもの発達障害の有病率は2009年から2017年の調査で増加した[33]。日本においても子どもの数は減少しているが、特別支援学級に通う子どもは平成22年比令和2年では2倍以上に増え、特に自閉スペクトラム症や情緒障害の子どもの増加が見られる（図1-5）。通級学級へ通う児童生徒では注意欠如・多動症、学習障害、自閉スペクトラム症、情緒障害の伸びが著しい（図1-6）。

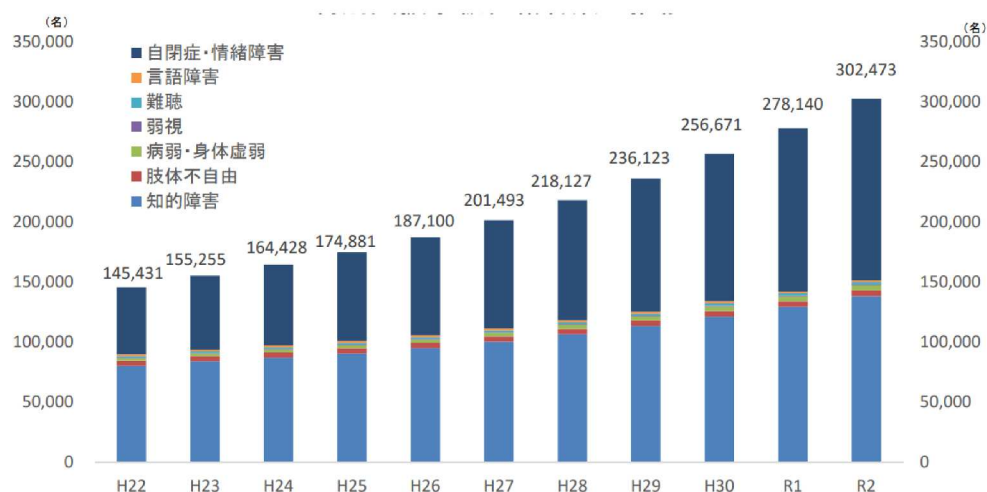


図 1-5 特別支援学級在籍者数の推移

（文部科学省 新しい時代の特別支援教育の在り方に関する有識者会議参考資料スペクター10）

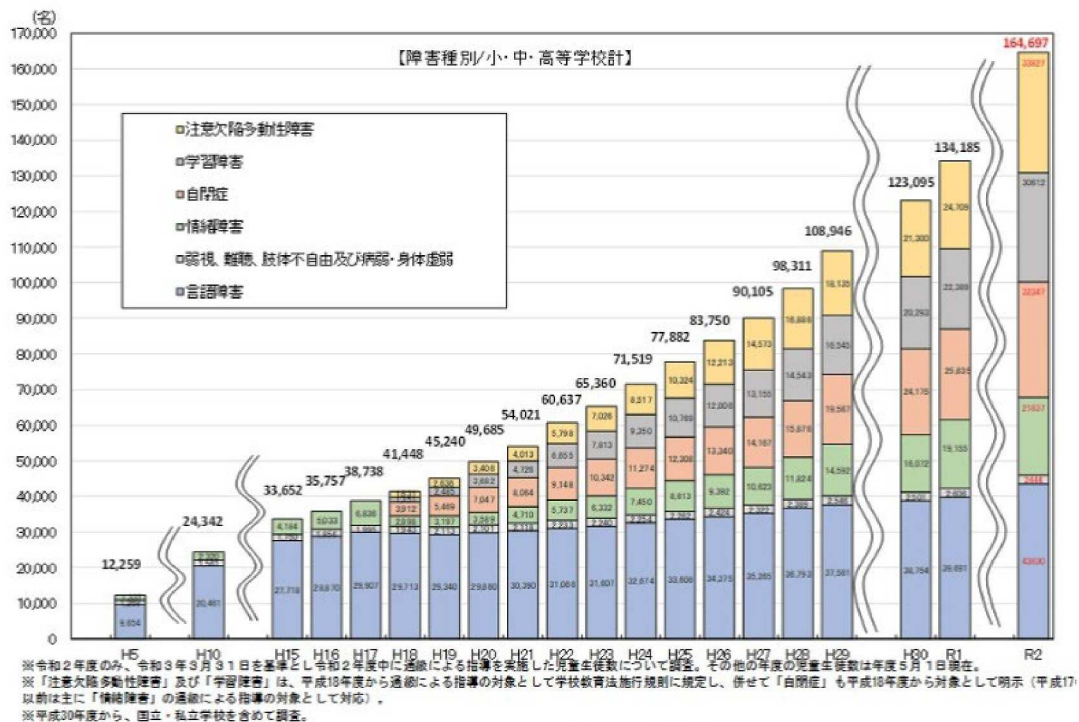


図 1-6 通級による指導実施状況調査結果（概要）

（文部科学省 特別支援教育に関する調査の結果）

https://www.mext.go.jp/content/20220905-mxt_tokubetu01-000023938-11.pdf

自閉スペクトラム症や注意欠如・多動症の原因は多様で、過去にはカナーらの説より親の育て方が原因と言われた時期も有ったが、近年では多様な研究報告があり、出産時の年齢、喫煙、農薬の使用量や公害との関連などの指摘がある[34], [35]。発達障害の治療法については薬剤投与によるもの、認知行動療法などの心理療法の他、注意欠如・多動症については外遊びが有効であるとの報告がある[36], [37]。

自然に触れ合う外遊びを基本とするプレーパークは障害の有無、貧富の差、国籍、性別に関係なく、誰でもが区別されることなく遊べるインクルーシブな遊び場の一つであり、普通学級、特別支援クラスなどの通級をもたらし発達障害傾向の性質の有無に関わらず、社会相互作用が促進されることができれば、その補完システムとしての社会性成育支援への意義は大きい可能性がある。自閉症スペクトラムや注意欠如・多動症の子どもにおける発達性協調運動障害を併せ持つ一定の傾向について、靴ひもを結んだり、ボール投げたり、ハサミや定規使う時などの運動や動作がぎこちなくなる発達障害の症

状であるが、その行動特徴が再現定量識別に至っているわけではない(厚生労働省)[38]。普通学級に特別支援通級制度が設立された背景には、発達障害による、いじめや不登校などの社会での生きにくさ、社会許容の低下などの二次、三次の課題が存在する。小学生のいじめ認知件数(図 1-7)、不登校の数も増加しており、どちらも平成 28 年と比べると 2 倍程度になっている(図 1-8)。

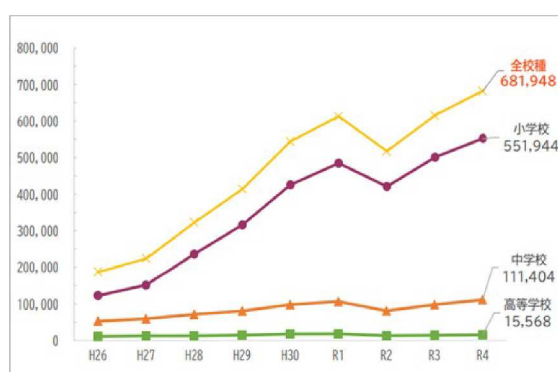


図 1-7 小中高等学校におけるいじめ認知件数の推移
令文部科学省初等中等教育局和 6 年 1 月全国子ども政策関係部局長会議資料 7 より

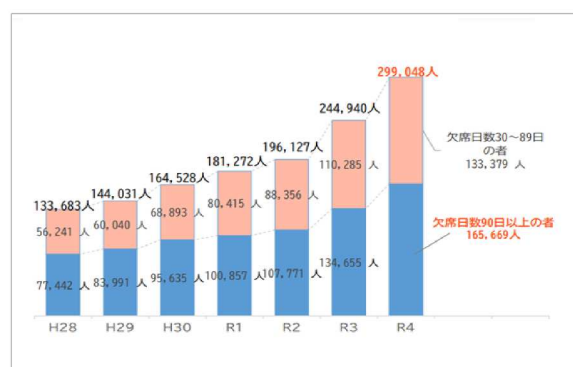


図 1-8 小・中学校における不登校児童生徒数のうち 90 日以上欠席している人数の推移
令文部科学省初等中等教育局和 6 年 1 月全国子ども政策関係部局長会議資料 7 より

5. 本研究の目的

そこで、以上の背景課題の解決に向けた成育支援システムの開発を目指す予備的探索検討段階として、本研究では次の 3 つの自然と IT/AI のデジタル技術が融合するプレーパーク開発課題を提起し、実社会フィールド検証の結果を報告する。

1 つ目は、自然の中で群れて遊ぶ機会が少なくなったと言われる現代の子どもたちに、協働や利他的行動などの社会性行動の創発を促すブランコの提案と、その成育有効性の定量再現的評価を叶えるデジタル技術開発を目指した、特徴を捉え得ると目視観察で仮定された 3 種の遊び行動パターンの画像深層学習 AI 技術の試作と精度評価を試みた。あらゆる市民が市街区域で身近にアプローチができる公園で開催したプレーパークで、大木の枝にぶら下げたロープ、滑車、木製座面で出来た手作りブランコが子どもたちに

協働的社会行動の創発を促す可能性を、複数回のイベントで目視により再現的に確認した。この協働的社会行動を定量再現的に識別可視化する試作 AI を、将来、より広範多様な適用性や、識別対象の小児の心理機能を探索する発展を目指した初頭の予備検討を報告する。

2つ目は、身体の3次元空間における抗重力運動を視聴覚的に模擬体験ができる木登りに関する5分間の3Dバーチャルリアリティ（VR）動画を開発し、屋内1回、屋外4回、計5回のプレーパーク・イベントで、子どもの視聴効果を探索するために、視聴前後に遊びたい遊び場に関する描画の課題を提案した。自然と融合を図ったデジタル遊具と屋内の人工環境や自然と繋がる屋外環境での効果の異なりを比較した。

3つ目は、実空間での社会コミュニケーションが抑制されたコロナ・パンデミック下で開催した、心身成育支援を目指すオンライン・プレーパーク・システムを試作提案し、子どもたちが自発的に創発した出力内容や、今後の開発の発展要素を年齢因子などに着目し探索を行った。

以上3つの課題から教材としての「自然と融合する AI/IT 技術『新成育支援システム』」の提案についても検討報告する。

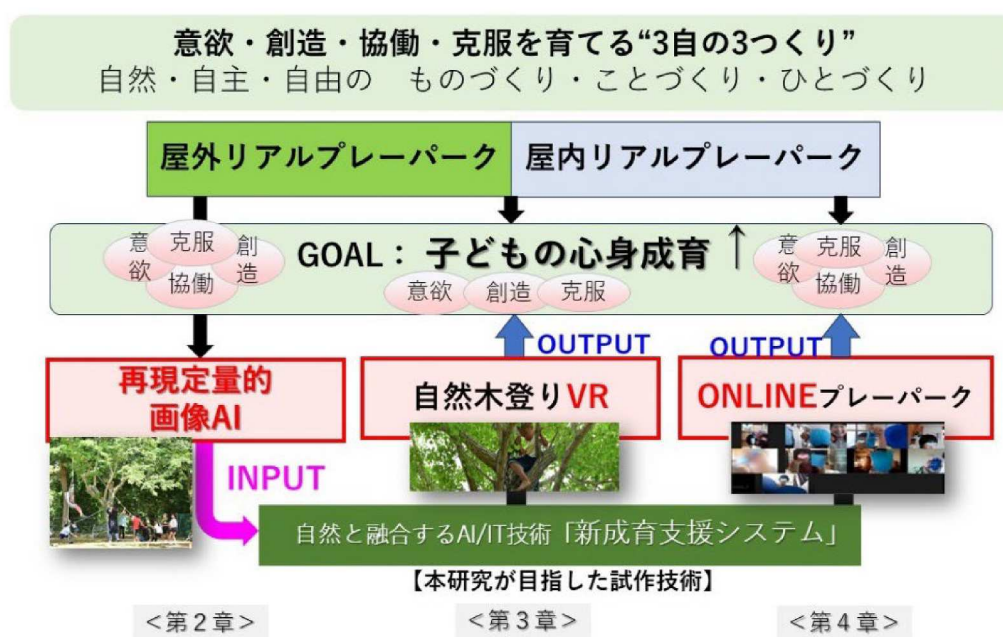


図 1-9 本研究が目指した施策技術

第二章 自然ブランコによる協働行動の創発性と定量再現的評価 AI 開発に向けた予備試作検討[39]

1. 緒言

人類は、地球上の自然環境の中で困難な課題に直面したとき、互いに協力し合うことで進化してきた[40]。自然の多様性を自主的かつ飽くことなく探求し、困難を克服しようとする意欲や、生涯にわたって協力し合える社会性は、幼少期に屋外の自然の中で仲間とともに育まれたのかもしれない[41]。しかし、近代化によって、私たちはほとんどの時間を人間によってコントロールされた人工的な環境の中で過ごすようになり[42]、その結果、さまざまな心理的脆弱性が生じている可能性がある。この問題を解決するための介入策を模索することは国際的な課題となっている[43]。

市民と学生が協力して、ロープと木製の座板で構成され、大木の枝に支えられたシンプルなブランコ[44]を作った。当初は既存の機能と同じ振り子運動で遊んでいたが、次第にロープを引っ張ることで乗り手を上下させるという、オリジナルの延長線上にあるブランコが生まれた。滑車を利用してロープをより簡単に引くことができるように改良が進み、一人でロープを引くには重い荷重が必要だが、数人の子どもたちが協力することで、より高く、より速く持ち上げることができるようになった。

ロープの引き手の行動は、引き手自身の労働が乗り手の昇降を自発的にもたらすという一種の利他的行為であり、仮に協力的な遊びの達成とみなすことができるかもしれない。本報告では、この手作りブランコが子どもたちに協働的社会行動の創発を促す可能性を、複数回のイベントで目視により再現的に確認した。この協働的社会行動を定量再現的に識別可視化する試作 AI を、将来、より広範多様な適用性や、識別対象の小児の心理機能を探索する発展を目指した初頭の予備的な検討について報告する。

2. 方法

2-1. 遊び場のイベントに参加する子どもたちとブランコの構造について

本研究計画書は、山口大学・人一般研究審査委員会の承認を得、その内容を遵守して実施された。

2018 年から 2023 年にかけて、山口県宇部市と萩市の都市公園で数シーズンにわたってプレーパーク・イベントを開催した[32]。イベントには木製の座板、ロープ、滑車、その懸垂を支える自然木で構成された前述の手作りのブランコを設置した。ブランコの構造は図 2-1、2-2 の通りである。このブランコをプレーパークの大木の枝に吊り下げ準備する。このブランコは、通常のブランコのように足を前後に動かして揺らすものとは違い、乗り手でない人がロープを引き、乗り手を上下させることが出来き、さらに引き方によっては乗り手を前後左右に大きく振ることが出来る構造をとる。当初ブランコはロープと座面で構成されただけのシンプルなものであったが、遊びの中からロープを持って揺らす、回転させるなど子どもたちは乗り手を喜ばせる遊びを発展させた。その後、子どもたちの行動からヒントを得た市民ボランティアや学生が、ロープの手で握る部分にロープを追加し、その後さらに滑車を取り付けブランコの座面を上下させることにより、遊びは重い荷重すなわち人を持ち上げるものへと変化させた。今回使う手作りブランコはそのような自然発生的に進化したものである。

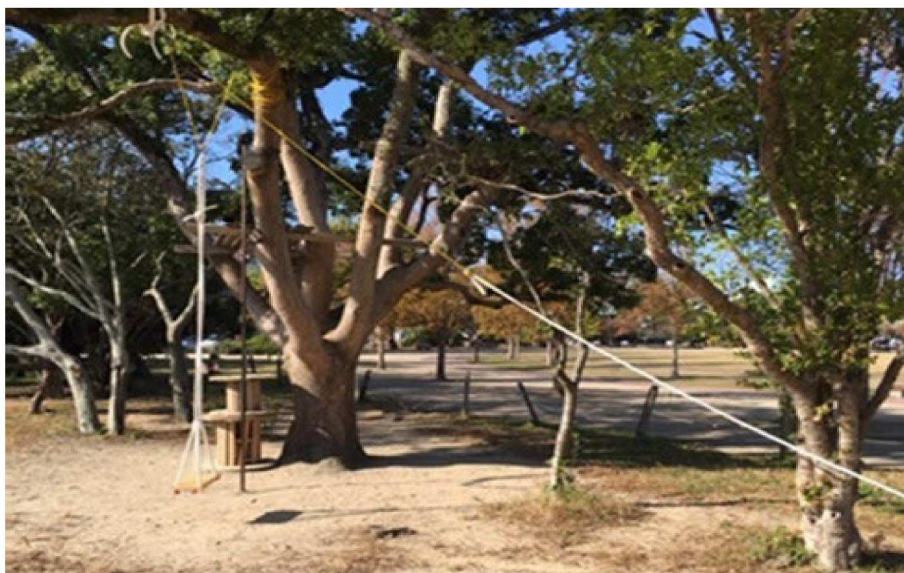


図 2-1 ロープ、滑車、木製座面で出来た手作りブランコ

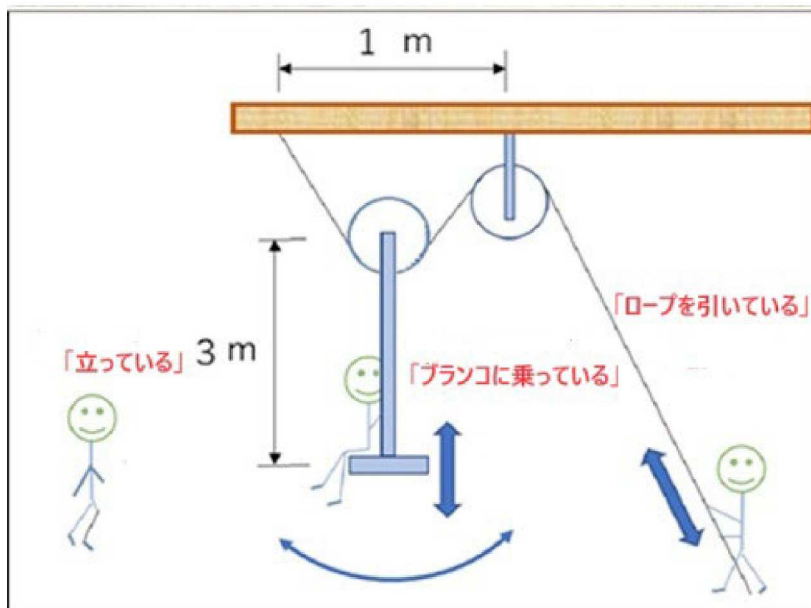


図 2-2 手作りブランコの構造と 3 種の標的行動説明図

2. 人間と機械による行動識別

複数のプレーパークイベントで、前述の手作りのブランコが主催者により用意された。この遊具の紹介は特にないが、この遊具を知っている、あるいは未経験でも使ってみたくなった人だけが自由に使い利用し続けようとする傾向を有していた。このでつくり遊具を使おうとする子どもたちの行動を分析するために、三脚で支えられた定点カメラ（Everio R、日本ビクター）で每秒 30 フレームのビデオ画像を記録した。子どもたちの主な行動として「ブランコに乗る」、「ロープと引く」、「見学する」の 3 種類に限定した。「ブランコに乗る」を一般的な主要行動、「ロープを引く」を協創行動（一部利他的な行動）、「見学する（立っている）」をその他の行動とした。

ビデオデータは、特徴的な行動を探索識別し、定量化するために研究者により観察された。参考となる行動タイプを含めて子どもの協力を推定するために、図 2-3 に示す「Stand（立っている）」、「Pull a Rope（ロープを引いている）」、「On a Swing（ブラン



図 2-3 DEEPSORT によって抽出された子どものバウンディング・ボックスの例

この代表的な 3 つの行動は、「Stand」が「その他の行動」、「On a Swing」が「次の利他的行動の要件定義」、「Pull a Rope」が想定される「利他的行動」の主な対象として、暗示されるように仮説し設計した。定量分析は、任意の 1 時間連続映像データをランダムに抽出し、人間検出と機械検出を同時に行った。ビデオデータ抽出後、目視により人が乗っていないブランコのロープを引く動作が含まれていないことを確認し分析を開始した。

機械解析用ソフトウェアは、Windows 11、Python 3.9.18、CUDA (12.2)、Pytorch (2.1.0)、ハードウェア (CPU : CPU: Intel(R) Core(TM) i7-10700 CPU @ 2.90GHz、RAM: 16GB、GPU : NVIDIA GeForce GTX 1650 SUPER)。DEEPSORT [45]YOLO 検出の座標と速度係数を用いて前方/後方の連続性を予測した[46]。図 2-3 に示す 3 つの行動タイプの各 2 例)、4 つのオブジェクトをボックス (Bounding Box : 図 2-3 に示す 3 つの行動タイプの各 2 例) で囲み、追加的にカスタマイズされたアプリケーションによって視覚的に抽出されたエラーと除外された ID を自動的に追跡する。機械学習プロセスは、基本的な畳み込みニューラル ネットワーク (CNN) アルゴリズムで実行した (図 2-4) [38]。行動タイプにラベル付けされた子どもの Bounding Box 画像は、

正規化のためにそれぞれ 150 ピクセル四方にリサイズされ、(回転、平行移動、明るさ) 補強が施されたものが用意された[47]。5 セットの畳み込みと最大プーリングが繰り返された後、ネットワーク畳み込みホワイトと隠れ層を考慮した完全連結層と線形化が行われた[48]。活性化関数は ReLU [49]により処理を行った。

本機械学習の結果を評価するために、三つの識別行動の正解率評価を計算処理し、学習モデル計算回数エポック数に依存し学習に活用した正解を有す画像から得られたモデルに、同じく正解を有すが、初めてテストする画像をテストすることで、その正解率が変化する状態変化のグラフや、誤認識率を、混同行列表を作成することにより評価を行った。

[Github 記録コード] Dockerfile, object_tracker.py, requirements.txt
start.py, <https://github.com/koshiba-lab-mono/swing-behavior-classifier>

3. 結果

3-1. 人間の目視によって定量化された各行動タイプを示す子どもの数

分析用に無作為に抽出した約 1 時間のビデオデータのうち、この自然素材を利用したブランコ周囲にいた子どもの数に関する結果を表 2-1 に示す。括弧内の数字は、ブランコに何らかの興味を示したと思われる子ども 25 人のうち、それぞれの行動を示した子どもの比率を示す。本来の機能を利用した「On a Swing」子どもは 11 人、この手作りブランコを特別に拡張した「Pull a Rope」子どもは 9 人とやや少なかったが、順位は概ね同様であった。

表 2-1. 自然のブランコ周囲にいた子どもの数

行動タイプ	子供の数
ブランコを見たことがある子ども (全員)	25 (1.0)
「 Stand 」	16 (0.64)
「 Pull a Rope 」	9 (0.36)
「 On a Swing 」	11 (0.44)

表 2-2. テスト概要の混同行列

Machin AI Prediction	0(stand)	1(Pull a rope)	2(on a swing)	Total
0 (Stand)	1856 (0.98)	20	21	1897
1 (Puu a rope)	1	1309 (1.00)	0	1310
2 (On a swing)	22	4	1862 (0.99)	1888

3-2 3 種類の行動を識別する機械人工知能の開発

図 2-3 の Bounding Box で囲まれた子どもの写真が合計 20,279 枚用意し、「立っている」とラベル付けされた 7,657 枚、「ロープを引いている」とラベル付けされた 5083 枚、「ブランコに乗っている」とラベル付けされた 7539 枚を用意した。この 3 種類の絵の

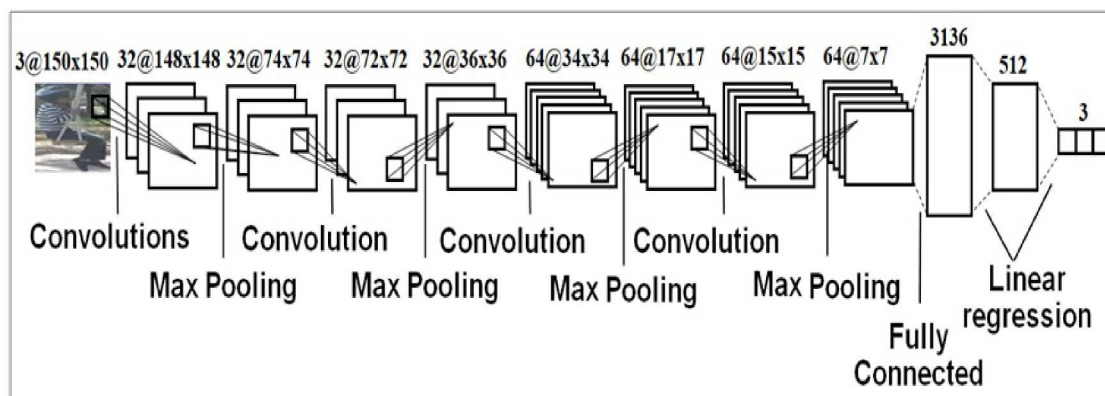


図 2-4 子どもの典型的な行動を識別するための CNN のアーキテクチャ

70%をホールドアウト法で学習させ、30%の精度をテストした[50]。学習とテストの学習精度曲線は 0.9 以上であることが確認されたため、Epoch は 70 に設定した（図 2-5）。

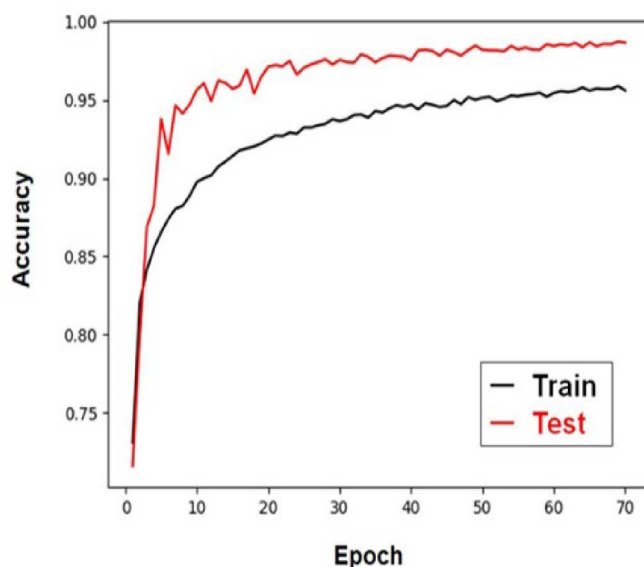


図 2-5 学習精度の結果曲線

最後に、得られたテスト画像における 3 種類の行動の計算モデルを用いて、人間による識別と機械学習による予測との一致度を評価し、表 2-2 の混同行列にまとめた。対角

線上の（）内の割合が示すように、少なくともテストされた子どもの絵の中では、3種類の行動識別の機械学習は、人間の提案とほぼ100%に近い一致率を達成していることが確認された。驚くことに、このMax Poolingの過程を4層設定した畳み込みニューラルネットワークの計算により、25名程度の少ない子どもの画像にも関わらず、95%以上の正解率を得るには10回ほどのEpoch数で超えることがわかり、人間モデルを基盤に新しい人物の骨格を識別するDeepSORT・YOLOの計算精度の高さを確認することができた。予め正解を有した画像サンプルのうち、7割を学習に使い、学習したTrain（黒）のラインより、初めて評価を行ったTest群（赤）の方が、低いEpoch数で高い正解率を示す結果を示した。

4. 考察

市民や学生、子どもたちが集う地域の自然環境において、ある形態での自発的な協働の事例を発見する可能性を仮説として立てた。その形態は、乗る人も引く人も互いに楽しめる自然のブランコを中心とした協働の存在を評価する試みであった。それらの社会心理学的現象は、ブランコの変則的な上下昇降機能を拡張することで可視化できる可能性がある。再現性のある定量的な同定手法であり、協調性のエビデンスとなる機械学習による行動同定技術は、今回の研究で概ね100%の精度を示すことができ、その可能性を提示することができた。行動パターンは、利他的かつ協調的と考えられ、引き手は時に複数人であり、それなりに大きい乗り手を楽しませたり、怖がらせたりした。このような社会的相互作用を経験することは、他の統計的方法論ではハイリスクとして敬遠されてきた屋外の自然環境での学習が阻害されている可能性のある現代の子どもたちにとって、示唆に富むかもしれない[51], [52], [53], [54], [55], [56], [57], [58], [59], [60], [61], [62], [63], [64]。ディープラーニングCNNは、複雑な情報に惑わされる行動パターンを識別する可能性がある。図2-5が示した通り、予めモデルをつくるための学習を行ったTrain群の画像より、初めて評価を行ったテスト群の方が、高い正解率を示す特徴ある結果を得た。その理由として考えられることとしては、本学習計算において得

られた三つの行動タイプは、より多様なパターン数を学習することが、かえって正解率を低くさせる原因となった可能性がある。裏返して示されたことは、一般に大多数の学習データが必要とされるが、特定の子どもの成長に長期に寄り添い支える教育や医療の社会における本学習 AI 技術は、一般性の高さより、特定の学習対象を絞り込むことの予測精度向上の方法が有効である可能性を示唆した。この機械学習の発達心理学領域などにおける活用方法は人工知能・深層学習の一般学術が目指す目標設定とは異なる。より各論の目指す目標設定によく適応したデザインを考慮することの重要性を改めて暗示した可能性がある。この報告は、難治性から社会問題化しつつある発達障害などの精神障害の診断・治療のコア技術への応用の可能性を示唆するものである[65], [66]。ロープと加重、運動の物理学、骨格筋制御の医学生物学など、今後の心身発達の評価システムは、人材育成のための学際的で複合的な思考が必要であるが、自閉スペクトラム症などの発達障害では、協調運動機能の遅れや精神的な問題との関わりが報告されていることから本報告のブランコ周りの行動は、社会的行動とともに、全身を使って安全に他人を持ち上げたり下ろしたりすることが要求される際の心と体のハイブリッド機能を可視化できる可能性が高い。

5. 結論

この研究は、フィージビリティスタディとして限られたサンプル数に基づくものではあったが、木製のシート、ロープ、滑車、支えの木で構成された手作りのブランコが、子どもたちの協調行動の創発につながった自然遊具の素材の心理機能成育に関わる機能性から、それなりに個人差や多様性を備えたり、個人情報保護の観点で個人を識別できない低解像度情報で十分な情報の質・量に足りていない可能性のあった画像サンプルから、高い精度で識別可能のモデル作成に至ることができ、心理機能を翻訳し得る行動特徴パターンの抽出を、同様のデータ収集により達成し得る見込みを得た。

このブランコは、乗り手でない人がロープを引いて乗り手を上下させるという本来の機能を逸脱し拡張したもので、乗り手も引っ張り手も身体の空間調節において、日常行

動より大きな負荷と心理的緊張を導く、精神機能の成育を促す教育支援システムとしての有効性検証を、今後探索的に展開すべきである。乗り手への危険な行為を防御する考慮や、基本的なディープラーニングの手法を用いて、映像の特徴同定に基づく人工知能の開発を、人間によるティーチングの下で試み一定の機械識別の成功に至ったことから、本試作技術の発展により、年齢依存的なパターン推移を調べ、精神発達診断 AI やこれに基づく次章、次々章のデジタル出力教材と融合し寄与する開発を続ける必要がある。

この協創を促す成育支援システムに着目し定性的に識別した画像の深層学習の基本手法によって、客観的な識別によりエビデンス化する可能性を確認できた。これを用いて、映像の特徴識別に基づく人工知能のプロトタイプの開発を、今後時間データを分析に加えるなど情報種類の展開をはかり、行動識別に基づく子どもの社会性育成を支援する将来的な教育システム技術要件探索となる試作を予定する。

第三章 バーチャルリアリティ映像と視聴屋内外環境が子どもの創造機能に与える影響[67]

1. 緒言

学習が人工知能 (AI) によってうまく試行できるようになったことは[68]有用であるが[69]、誰もが AI を学習プロセスに組み込むことの利点を確信しているわけではない[70]。特に子どもの教育における AI[71]や IT[72][73]の役割には懸念があるが、IT のひとつであるバーチャルリアリティは、教育において有益な役割を果たすことが示唆されている[74][75]。特に、自然の屋外環境へのアクセスが限られている、あるいは全くない都市部の子どもたちにとって、バーチャルリアリティは、従来の屋内教育環境における重要な屋外学習体験へのアクセスの代わりに利用できる可能性がある[76][77]。屋外での積極的な挑戦が、屋内でしか体験できないものと比較して、神経行動心理生理学の側面に大きな影響を与えられている[58]。

この仮説を検証するために、バーチャルではあるが自然な環境の中で子どもたちが活動を行うことができる VR ビデオを作成した。そして、この VR 環境を体験することが、子どもたちの遊び場空間をデザインする創造性に与える影響を調査した。創造性を表現するために、子どもたちが慣れ親しんでいる作業のデザインプロセスの初期段階である可能性が高い描画を使用した[78], [79]。ビデオは、訓練された個人が木に登っている様子を、頭に装着した 360 度カメラで記録した映像から作成した。プレーパーク・イベントに参加している子どもたちに、VR ビデオを視聴するよう促した。同意した子どもたちには、VR 映像を見る前視聴前と見た後の両方で、自分が遊びたい遊び場の絵を描いてもらった (図 3-1)。VR 映像の視聴が子どもたちに与えた影響を分析するため、VR 視聴前 (コントロール) と視聴後に描いた絵のモチーフの違いを研究者が識別し、定量化した。

市民、行政、大学の共同プロジェクトの一環として、プレーパーク・イベントを開催した。これらの屋内外イベントでは、遊び体験コーナーが設けられた。子どもたちは、

これらの体験に参加するかどうかを任意に選ぶことができた。体験コーナーでは、VR スコープを使って木登りをバーチャル体験したり、360 度のバーチャルリアリティ映像を見たりすることができた。隣には自由に絵を描けるコーナーも設けられた。VR 体験の前後には、スタッフが子どもたち一人ひとりに理想の遊び場の絵を描くように促した。イベント終了後、子どもたちの絵は研究者の目視識別によって定性的に分析された。



図 3-1 研究デザイン

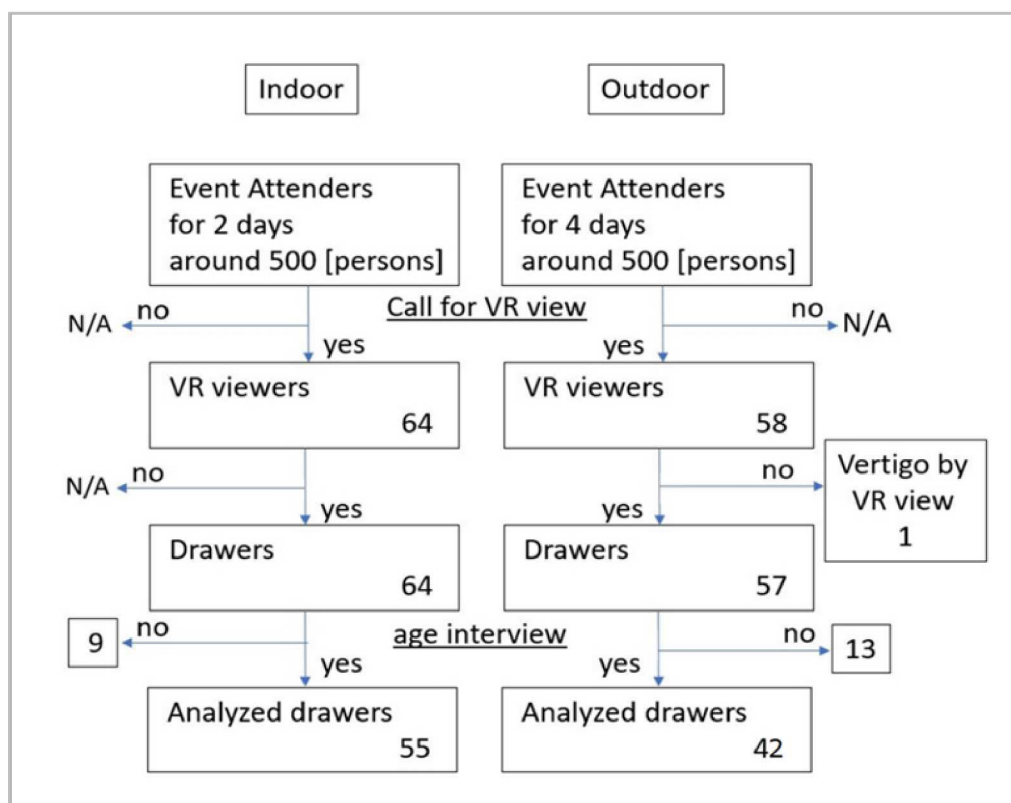


図 3-2 被験者とグループ分け

2 台の VR スコープはイベント中、ほぼ連続的に使用された。研究スタッフは、VR 映像を視聴している間中、被験者の安全を確保した。

2. 材料と方法

2.1 被験者とプレーパーク会場について

この研究は山口大学・人一般研究審査委員会の承認を得ている。子どもたちが自主的に、自由に、創造的に、粘り強く遊びながら、他の子どもたちと協力して問題を発見し、解決していくことを促す教育環境システム「プレーパーク」を紹介するために、屋内と屋外で一連のイベントを実施した。夏に東京で行われた屋内プレーパークは、講堂の入り口の前に設けられた 5×5m ほどのスペースで行われた。このイベントには 60 人の子どもたちが参加した。春から秋にかけては、山口大学に近い宇部市の 4 つの公園、琴崎、空港、際波、神原でそれぞれ 1 回ずつ、計 4 回の野外プレーパークが開催された。屋外のプレーパークは、屋内イベントに参加した被験者の数に合わせて、少なくとも 1 回の

描画を完了した被験者の数が約 60 人になるまで開催した。雨天時の被験者募集は行わなかった。本研究の被験者グループ分けを図 3-2 に示す。屋外の遊び場グループの被験者 1 名は、VR ビデオ視聴中に軽いめまいが生じたため、研究から除外した。表 3-1 は、場所別（屋内か屋外か）、VR ビデオ視聴と抽選のタイミング、性別、各群の被験者の平均年齢をまとめたものである。

表 3-1 少なくとも 1 枚の絵を提供した被験者の人数と年齢

A 研究グループの年齢と性別のまとめ

年齢（歳；平均 $\pm$ s.d.）	女性	男性	t 検定の P 値
屋内	9.7 $\pm$ 7.7 (26)	7.8 $\pm$ 1.6 (29)	0.191
アウトドア	8.4 $\pm$ 9.2 (24)	10.8 $\pm$ 10.9 (18)	0.457
t 検定の P 値	0.606	0.137	

B 各条件の被験者総数のまとめ：屋内／屋外、VR ビデオ視聴前／視聴後、男性／女性、年齢

屋内/屋外	ビフォー／アフターVR ビデオ	性別	# 被験者数	年齢（歳；平均 $\pm$ s.d.）
屋内	前	女性	0	-
屋内	前	男性	3	6.3 $\pm$ 3.8
屋内	その後	女性	26	9.7 $\pm$ 7.7
屋内	その後	男性	27	7.6 $\pm$ 2.0
アウトドア	前	女性	12	6.2 $\pm$ 2.4
アウトドア	前	男性	7	14.4 $\pm$ 17.7
アウトドア	その後	女性	22	8.7 $\pm$ 9.5
アウトドア	その後	男性	17	10.8 $\pm$ 11.3

2.2. 遊び場の絵と人間による分析

ビデオ視聴を希望した子どもたちは、VR ビデオ視聴前と視聴後に、さまざまな色のサインペンを使って最適な遊び場デザインのアイデアを絵に描くよう促された。絵の例を図 3-3 に示す。「before」（ビデオ視聴前にのみ絵を提供した被験者）、「after」（ビデオ視聴後のみに絵を提供した被験者）：（図 3-6-9）。「BA_before」（ビデオ視聴前後に絵を描いた視聴前の絵を提供した被験者）、「BA_after」（ビデオ視聴前後に絵を描いた視聴後の絵を提供した被験者）、の 4 つのグループごとに、提供された絵の数をインドアとアウトドアで比較した。絵のモチーフは、遊具（「Equipment」）、木（「Tree」）、人（「Person」）の 3 つである。各絵における各モチーフの数を手作業で数えた（図 6a,b）。各絵は、少なくとも 2 人の子どもの遊びの専門家によって、モチーフの定義について評価された。この評価には、子どもたちが絵を描いているときや絵を提出したときに収集された、絵に何が描かれているかを説明するインタビューメモが考慮された。モチーフ定義の結果は、評価者間で比較された。評価者によってモチーフの定義にばらつきがあること、絵を解釈するためには推論が必要であることから、モチーフを定義するための機械学習戦略を設計することにした。その学習の結果得られた計算モデルを得た後、モデルとの差異を確率スコアとして推論し、各モチーフのばらつきの程度を推定・評価する方法については、次章以降で述べる。

3. 結果

各プレーパーク・イベントには数百人の来場者が参加した。これらの来場者の一部が、この研究に自発的に参加した（表 1-1 参照）。

3.1. VR 映像視聴前後に屋内外のプレーパークで収集された絵

A3 サイズ（297×420mm）の用紙に描かれた絵（図 3-3）は、上記の 4 つの条件で子どもたちから収集された。屋内環境では、「After」グループは「Before」グループの 31 倍の絵を描いており、「BA」グループは存在しなかった。屋外環境では、「After」グル

ープは「Before」グループの7倍であり、「BA」グループは「Before」グループの3倍であった。図3-4Bでは、4つの屋外プレーパークごとにデータを示している。VR映像を見る前よりも見た後の方が、より多くの子どもたちが絵を描いており、おそらくVR映像を見た影響により、デザインの創造性が高まったことを示している。



図3-3 小児参加者がVR視聴前後に描出した絵の例

各図面の右下隅に、被験者の性別と年齢を記す。屋内：屋内イベントでは、VR体験の前後に絵を描いた子どもはいなかった。屋外：少数の児童がVR視聴体験の前後に絵を描いた。BA_beforeとBA_afterは、同じ子どもが描いたデザイン画の例である。

3.2.モチーフ分析

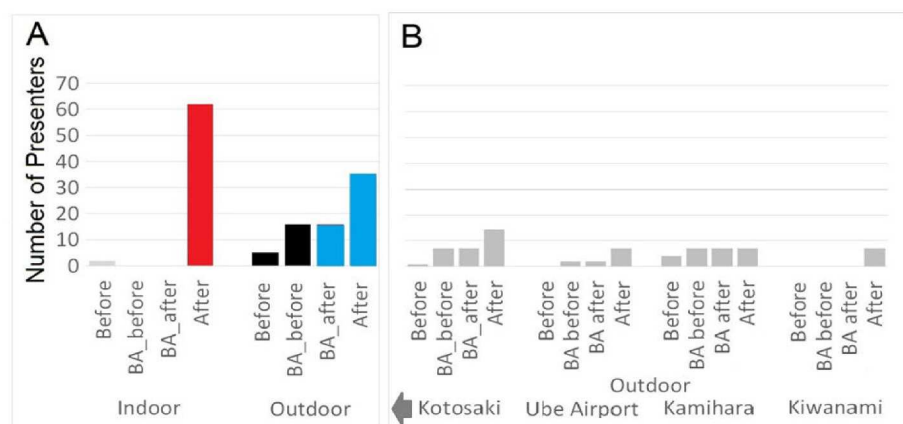


図3-4 VRビデオを見る前よりも、見た後の方がより多くの絵が完成した

インドアのデータは、東京で夏に1回開催された2日間のイベントで収集された。同様の屋外データを収集するため、山口県内の4つの公園（琴崎、宇部空港、神原、際波）で4つのイベントが開催された。これら4つのイベントのデータを合計した。

3.2.1.人間によるモチーフの絵の定量化

研究者たちは絵を見直し、共通する要素を探した。その結果、「Tree」、「Equipment」（家、スライド、道具など、人間が作り出した人工物）、「Person」の3つが最もよく表現されるモチーフであった。それぞれの図面における3つのモチーフの数が数値化され、条件と場所内で平均化された。これらのデータは、絵を描いた人の性別によって分別された（女性：図 6a、男性：図 6b）。VR映像を見た後に描いた絵では、男女ともに屋内イベントの方が屋外イベントよりも「Equipment」の描写が有意に多かった。同様に、「Person」の描かれた数は、女性のみ、屋外に比べ屋内の方がやや多かった。

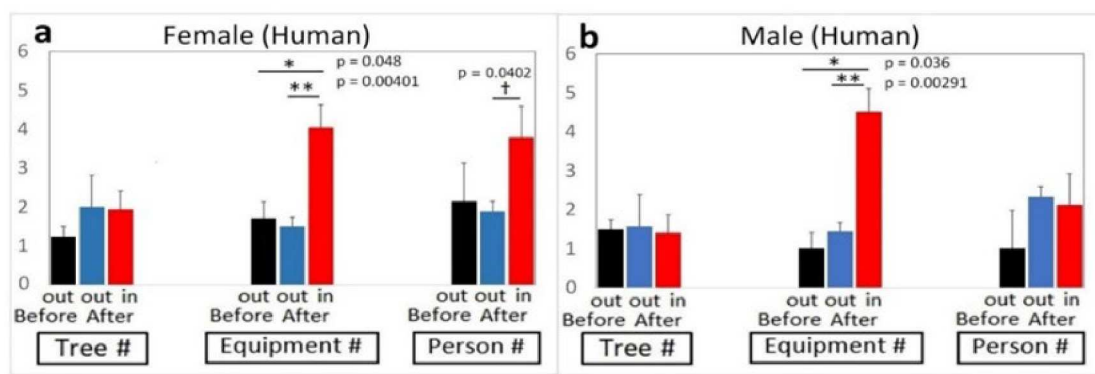


図 3-5 人間が識別した各モチーフの数

再現性のある定量的評価には、AIによるモチーフ関連の定量化の平均化が含まれる。この分析結果は、黒が「out before」群、青が「out after」群、赤が「in after」群を表す棒グラフにまとめられている。Human（図 3-6a,b）におけるカウント結果の比較では、男女ともに「in」グループの方が「Equipment」の数が多く、「in after」グループの「Person」の数が多い傾向は女性のみで見られた（図 3-6a,c）。

4. 考察

本研究では、木登りという屋外活動を楽しむ個人の姿を映した仮想現実の360度ビデオを視聴することで、子どもたちの絵に反映される主体的な遊びのデザインの創造性が向上するという仮説を検証しようと試みた。現実世界の多様な情報に関連する制限に

もかわらず、VR 体験の前（対照として）と後の両方で[80]、子どもたちが好みの遊び場のレイアウトについて描いた絵を評価することにより、この初期の VR の視聴の心理的影響について調査した[81]。木登りはおそらく遺伝的特徴であると考えられるため[82]、VR 動画が子供たちの本能的な創造性を刺激することを期待した。近年の都市化に伴い、子どもたちが木に登る機会は激減している[83]。木登りへの欲求が潜在的に保存されていることは、霊長類の発達障害実験モデルを用いた我々の先行の前臨床研究でも確認されている[55], [84]。VR は現実世界の模倣をデジタルで再構築する新しい視聴覚環境であり、強調され刺激的な情報が自然環境によって提供される情報とは異なる環境を作り出す可能性がある[85], [86]。このような違いは、ヒトの神経系の進化に様々な潜在的影響をもたらす可能性がある。登るという願望と VR の革新的な利用の組み合わせは、将来の神経認知の発達に影響を与える可能性のある新しいパラダイムを例証している可能性がある。しかし、特に発達の影響を受けやすい時期の子供の精神認知発達には、VR ビデオに描かれているリスクの高い状況を考慮する必要がある[53], [55], [58], [59], [60], [63], [87], [88]。屋内または屋外のプレーパーク・イベントに参加していた子どもたちが、VR ビデオが子どもたちの創造性に与える影響を分析するために、子どもたちに理想的な遊び場のアイデアを描いてもらった[89]。子どもにとって理想的な遊び場の絵を描くことは、大人にとって置き換えると最も機能的な空間や道具を含む設計図や景観設計図を描くことに例えることができる[90]。

VR ユーザーの総数は約 100 人と比較的少人数であったが、プレーパークのイベントには 1,000 人を超える子どもたちが参加していたことに留意すべきである。最終的な被験者の数は、これらのイベント中に利用可能な VR スコープが限られていたため(n=2)、制限された。子どもの描画データは特定の内容や特定のグループに属する要素の数について、研究者により事前に手動で評価された[53]。図 3-4A に示すように、屋内・屋外どちらのイベントに参加した場合でも、VR 映像を視聴した後は、視聴前に比べてより多くの絵を描いた。これは、環境に関係なく、VR ビデオ視聴が子どもの創造性に影響を与えたためと考えられる。しかし、屋内のグループと比較して屋外のグループでは、

ビデオを見る前に提供された絵の数が多いことから、このグループの創造性が高いことが示唆される[91]。屋外での視聴では、子どもたちは VR を視聴する前から絵を描く意欲を持っていた。また、VR 視聴後に絵を描く児童が増加したことから、VR 視聴によって理想的な遊び場デザインを作成する意欲が高まった可能性が示唆された。一方、室内で VR を視聴した児童は、VR 視聴前から絵を描く意欲が低く、VR 視聴後に初めてデザイン意欲が高まった。心理学的には、VR ムービーを見ることで、被験者の最適な遊び場をデザインする意欲が高まったか、デザインの内容そのものを創造する意欲が高まったか、あるいはその両方が高まった可能性がある。また、VR 動画視聴の影響には、他者への配慮という相互性が関与している可能性がある[92]また、VR 映像を視聴することで、プレーパークスタッフの呼びかけに積極的に応じたり、自分の理想とする遊び場デザインを社会と共有したいと思ったりするなど、他者への配慮による互惠性や、社会的評価を受容することも影響に含まれる可能性がある。日本の文化は自己肯定の欠如が特徴であると報告されている[93], [94]。他国と比較して[95]このような場合、理想的な遊び場のデザインに関する子どもの自発的な提案を、大人も子どもの仲間も快く受け入れることが重要である[77]。

性差として、屋内イベントでは女性のみが、屋外イベントと比較して、VR ビデオを見た後、より多くの Person を絵に描いた。これは、内在的な、おそらく遺伝的な要因の結果も否定できない[96]。

結論として、この研究は、新しいデジタル技術抽象的なデザインを作成する子供の能力を検出するために、新しいセンサーを開発することができる一つの仮説例を提示している。本研究で絵を評価するために開発した手作業（質的・量的）による従来のアプローチは、このような複雑な生データの類似点と相違点を比較する上で有用性を示した。したがって、本研究は、自然環境での活動に参加する人々の VR 映像を視聴する前と後の両方で行われる創造的なエクササイズの手動評価と子どもの教育全般に有益である可能性を示唆している。これらの結果は示唆的ではあるが、予備的なものであり、本研

究で利用可能な被験者の数や絵の数が限られていることを考慮すると、さらなる評価が必要である。

第四章 パンデミック禍直後のオンライン療育法提言：2020 年新型コロナウイルス感染予防の日本全国小学校学級閉鎖時の児童間社会コミュニケーション促進効果と年齢依存性評価[144]

1. 緒言

発達途上の子どもは、多様な社会的・物理的社会情報環境との相互作用を実践することで、自発的に外界とつながる動機付けの方法を学ぶ[39], [97]。家庭、家族、学校、社会における自然や人々の多様性は複雑で、しばしば相互作用の課題を生み出す[98], [99]。子どもたちは、このように多様な課題を抱える世界に興味を持ち、認識し、理解し、関わることを学ぶ。そして、それを見つけ、創造し、他の人たちと一緒に解決しようとすることを学ぶ[100], [101]。子どもたちは、体験と反省の繰り返しによって、互いに助け合い、困難を乗り越える力を身につけることを期待される[39], [102]。

一方、このような学習環境との機会はすべての子どもにとって必ずしも十分に保証されているわけではない[77], [101]。例えば少子化が進めば進むほど、子どもたちは他の子どもたちと自発的に交流する環境よりも、大人の養育環境にとどまる傾向が強くなる可能性がある[87], [103]。そのため、克服しなければならない困難な社会環境や自然環境に遭遇する機会がなくなり、それが一種の学習障害となる可能性がある[104]。近年、社会不適応を主症状とする発達障害の症例が増加している。たとえば動物モデルで示唆されているように[52], [53], [54], [56], [88], [105], [106], [107]、ADHD や ASD[108]などは、何らかの遺伝的背景を併せ持つケースがあることが知られている[109]が、このような学習環境に接した経験が不足していることが原因の可能性もある[110], [111], [112]。学校での学習を推奨することの重要性は、他の年齢層より大きい。なぜなら発達期の学習メカニズムは、母国語の習得も含むコミュニケーションの形成においてよく知られているからである[53], [55], [59], [113]。そして新型コロナウイルス COVID-19 の感染から子どもたちを守るための「STAY HOME」社会は、全国に非常事態宣言が出された4月16日から始まった。日本では感染が拡大し続けているため、ほとんど

の幼稚園と、保育園、学校は5月25日まで閉鎖された[114]。そのため子どもたちは家に閉じこもりがちになり、周囲の世界とつながろうとする意欲が失われ、その結果、コミュニケーションな体験学習に対する障害が生まれた可能性がある[115], [116], [117]。いくつかの報告では、COVID-19に関連したロックダウンやその他の封じ込め措置による学校閉鎖、閉じこもり、仲間との交流の欠如によって、気分の落ち込み、意欲の喪失、抑うつ、不安症状からの心的外傷後ストレス障害に至るまで、子どもたちの心理社会的・精神的健康被害が明らかになった[118], [119]。ADHD や ASD の子どもたちは、ロックダウン中の感情や行動に悪影響を受けた[120]。

子どもたちが互いに交流し、学び合う社会経験が不足している場合、それを補う真意教育システムとして「遊びの場」の「プレーパーク」が提案されている。プレーパークでは、自発性、やる気、創造性、協調性、困難を乗り越える忍耐力など、遊びを通して学ぶことを奨励している[39], [77], [121]。スマートフォンやインターネット PC 端末などの情報通信技術（ICT）は、家庭内の子どもたちを外の世界・自然・人、生きものと広げ、結びつける可能性を秘めている[122]。また、ICT は発達障害のある子どもたちと親和性が高いことが知られている[123], [124]。その一方で、子どもたちを虜にし、外の世界や自然の世界から遠ざけてしまう危険性も含め、監視と反映が必要な新しい教育ツールになる可能性も秘めている[104], [108], [109]。

「デジタルとアナログのネットワークプレーパーク」を応用し、映像や音声の ICT を活用して、子どもが自発的に外部とつながる新しいシステムの形を模索した。参加者が遊びの情報を交換しながら一緒に遊ぶという、オンラインを介したコミュニケーション形成を目的に開催した。当時は、年度初めの4月から休校状態が続き、約1カ月後の国民の祝日である「こどもの日」は、家庭内だけの閉鎖的なコミュニケーション状態で祝われていた。子どもたちの心理的発達のために何かできないかと考え、本州の南西端に位置する山口県と千葉・埼玉県という遠く離れた場所で、同じ地域コミュニティの中にとどまるのではなく、オンライン ICT によってコミュニケーションの幅が広がり、コミュニケーションが可能になった、互いに知らない5つのコミュニティを提案し、異な

る主催者に声をかけた。「1000km オンライン・プレーパークプロジェクト」は、子どもたちが自らゲームを提案し、参加者全員で遠距離オンライン対戦を行うというチャレンジを行った。

2 時間のイベント中、15 人の子どもたちが他の子どもたちに自分の遊びを提案したり、他の提案者の遊びに参加したりする様子を記録し分析した。ビデオデータに含まれる各個人の行動種は、5 秒ごとに観察的に識別され、定義された。本研究の目的は、子どものコミュニケーション学習を抑制してきたパニック的なパンデミック社会に対抗するために開発された、コミュニケーション形成を目的とした介入の試行を検討することである。どのような子ども世代に対しても、より有効性の高いコミュニケーション介入法をデザインし、将来への必要条件を見出すために、2 つの分析的側面を探索した。ひとつは、子どもたちが提案した遊びのタイプで、初参加者が多いものであった。もうひとつは、参加時間とコミュニケーション時間で、年齢差と男女差の調査に焦点をあてた。ICT を活用したプレーパークの試みが子どもたちの心理に与える影響を調べるため、参加意欲の定量的指標とされる各遊びの滞在時間を、性差や年齢差を考慮しながら評価した。

2. 材料と方法

2.1. 倫理審議、イベントの詳細、参加者

この研究プロトコルは、山口大学・人一般研究審査委員会(2020-047)の承認を得た。ビデオ撮影については、すべての保護者、子ども本人、主催者から同意を得た。データは個人が特定できないように記録した。異常な状態で自宅待機を余儀なくされた子どもたちに無作為に声をかけ、参加に同意した子どもたちを分析対象とした。参加者の中に、まだ定量的な診断方法が確立されていない発達障害と診断された子どもが含まれているかどうかは問う必要はなかった。

2020 年 5 月 3 日、15 人程度のコミュニケーション規模を想定し、各都市で過去に開催された子ども向けイベントに参加したことがあるアドレスを無作為に抽出し、「子ど

もたちがオンライン会議で遊びのアイデアを提案し合い、アイデアを受け取った子どもたちが遊びに参加し、遊びを共創する」というテーマのイベントへの参加案内メールを事前告知なしに送信した。山口県に3つ、埼玉県と千葉県約1,000km離れた地域に各1つ、合計5つの子どもコミュニティを招待した。自分の遊びを発表した子どもと保護者の参加者は、女性8名、男性7名、保護者2名であった。全員を分析対象とした。イベントは2020年5月5日13時00分からオンライン会議システムでスタートし、15時00分からはインターネット上でZoomオンライン会議アプリケーションを使用して、お互いの好きなゲームに関する情報を共有したり一緒にプレイしたりした。オンライン会議システムは、(1)映像・音声ともに端末間の接続が比較的安定していること、(2)複数のグループに分かれ、それぞれのグループ内でのコミュニケーションが保てること、(3)映像を安定して記録できること、の3つの利点がある。"こどもの日プロジェクト"「1000km オンライン・プレーパーク」が命名・発表された。当日は保護者に同席を依頼し、同意を得た後、イベントを録画した。遊びの提案の順番はランダムに行った。

2.2. オンライン会議アプリケーションでの録画

オンライン会議アプリケーション Zoom に標準搭載されている録画機能を用い、イベント内容をローカル PC に録画した。イベント中に参加者全員の各 ICT 端末のカメラ映像を画面に小さく表示されるギャラリービューと、発言者の画面を勝手に大きく表示するスピーカービューを自動的に切り替え、遊びや参加者同士の行動・表情を観察しやすい画面レイアウトを選択した。

2.3. 提示された遊びの分析

子どもと親が見せるあらゆるタイプの遊びを分析した。4本の紹介映像が提示され、これらは1つの遊びとみなされた。それぞれの遊びに参加した子どもの数を、女性(赤)と男性(青)、低年齢層と高年齢層に分けて棒グラフで可視化した。低年齢層と高年齢層の境界は、日本の6年制小学校の平均年齢である8歳以下または9歳以上とした。

2.4.各子どもの行動の分類

録画されたビデオを見て、各児童の行動を 5 秒ごとに以下の 8 種類の出現行動のいずれかに分類し、それを元データとした。この 8 種類の典型的な行動は、同じ録画ビデオデータの中で、子どもの教育者が文脈の流れや発声内容を考慮して事前に分類し、まとめたものである。

- a. Engagement：すべての行動。イベントに費やしたすべての時間。
- b. Play suggestion：他の参加者に劇を発表・説明するアクションを、発表の権を握る時間として行い、その後、他の子どもたちと劇をリードするアクションを行う。
- c. Online Participation：発表者が提案した遊びを、発表者と一緒に、または発表者発表後の時間外に行った行動。提示された遊びが自己紹介ビデオの場合、他の子どもがビデオを見ていることが確認できれば、子どもは遊びに参加しているとみなした。
- d. Online Conversation：会話の内容を確認することで、双方向のオンライン上のやり取りが確認できた場合のみ、会話が成立したとみなされる。
- e. Watch：画面を見る。
- f. Satisfaction：主観的判断による笑顔での観戦（参考値）
- g. Onsite Conversation：親や兄弟姉妹が同席しての会話も含む、仲間同士の会話。
- h. Onsite Participation：保護者、兄弟姉妹も同席し、仲間同士で様々なゲームを行う。
- i. Solitary play：この行動の例としては、端末のビデオカメラを見ずに無関係のデジタルゲームをプレイすることが挙げられる。

2.5.年齢依存の統計分析

8 つの異なる行動の時間集計を線形回帰とピアソン積率相関係数と切片で分析した。

0.05 未満の確率を有意とした。

3. 結果

3-1. 子どもたちが提示した遊びのアイデア

低学年では女性 5 名、男性 2 名、高学年では女性 3 名、男性 5 名、大人の保護者・スタッフ 10 名を対象に実施した。児童の年齢構成については、高学年では女性の方が男性よりも有意に若かったが（表 4-1、 $p=0.0240^*$ ）、低学年・高学年全体の構成では男女間に有意な年齢の偏りは見られなかった（表 4-1、All、 $p=0.1072$ ）。

表 4-1 参加した子供たちの年齢条件

Age [y]	Lower age		Upper age		All	
	mean	stdv	mean	stdv	mean	stdv
female	6.2	1.3	9.0	0.0	7.3	1.8
male	5.5	2.1	11.4	1.5	9.7	3.3
p by t-test	0.7241		0.0240*		0.1072	

参加者グループの年齢構成条件については、低年齢グループと高年齢グループの女性および男性の各平均値と標準偏差（Excel、Microsoft）について、スチューデント T 検定によって p 値を算出した[125]。図 4-1 は、子どもたちから提案された全 12 アイデアの各プレイの代表的なイメージを、参加した全児童数と、発表者と同じものをプレイした参加者数を、女性（赤）／男性（青）、低学年／高学年のグループに分けて棒グラフで可視化したものである。

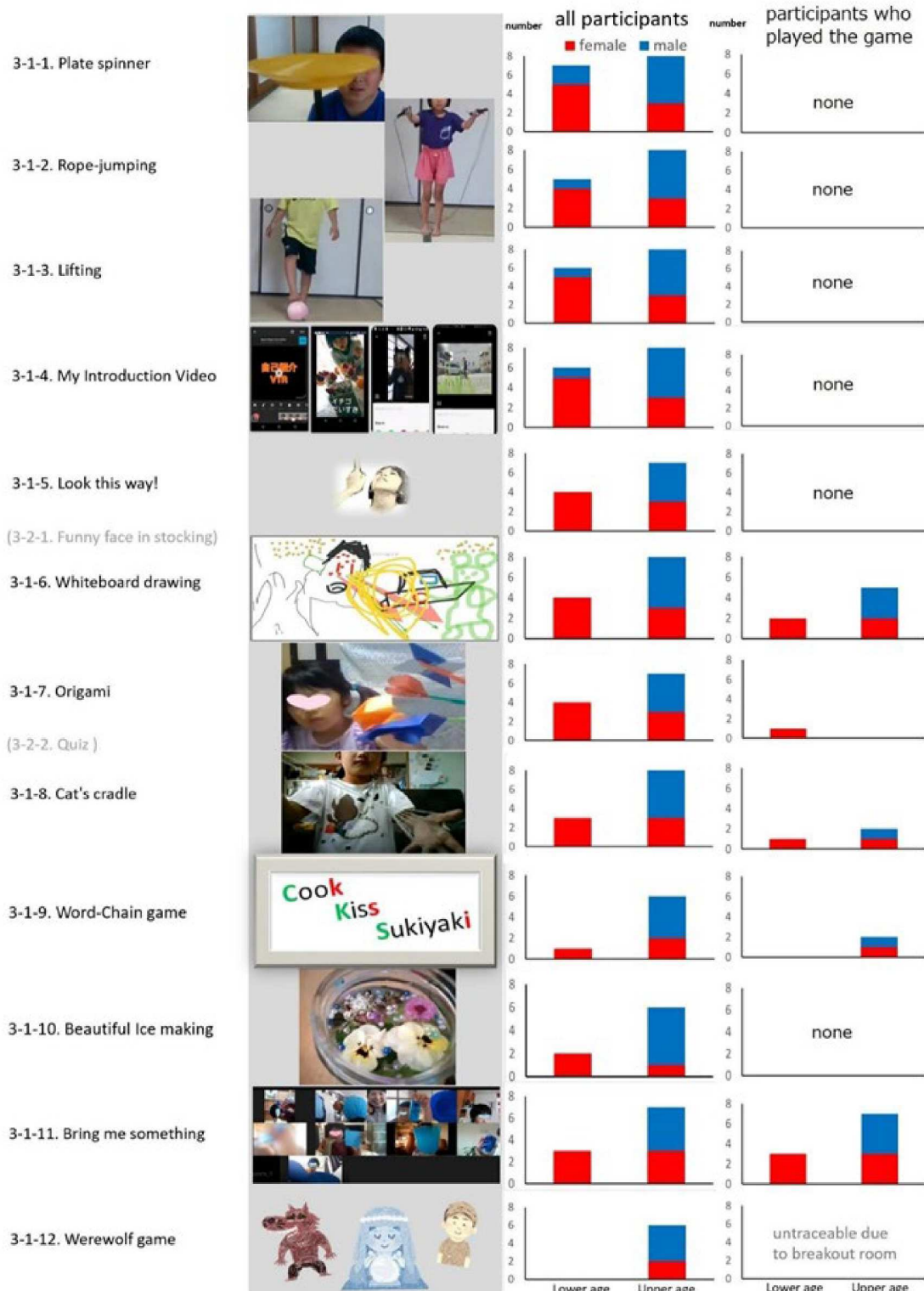


図 4-1 子どもたちが提案した 12 種類の遊びのアイデアと参加した子どもたちの数

全体的なまとめとして、高学年グループは女性（図 4-1 赤）、男性（図 4-1 青）ともにすべての遊びをよく見ているのに対し、低学年グループは男性が先に提示された遊びのみに参加していることが特徴的であった。また、多世代で参加し、他者の遊びのアイデアをうまく取り入れて一緒に遊んでいる子どもは、3つのタイプ（3-1-6、-8、-11）に限られて見られた。

各プレイのアイデアを時系列に並べると以下ようになる。

3-1-1 Plate spinner（10 歳男子）

棒の上で皿を回転させる遊び。本来は陶器の皿を使うが、子供用のプラスチックの皿が使われるようになった。棒の上で回転する様子を見せる。

3-1-2 Rope-jumping（5 歳女子）

5 歳の女の子が部屋の中で縄跳びを使って一人跳びをした。

3-1-3 Lifting（7 歳男子）

サッカーのリフティング技術は、室内で小さな柔らかい素材のボールを使って行われた。

3-1-4 My Introduction Video（11 歳男子 3 人と 9 歳女子 1 人）

多くの世代の子供たちがビデオを見ていた。

3-1-5 Look this way!（あっちむいてほい）（9 歳女子）

プレイヤーは、スクリーンの前にいる観客に向かい、「あっちむいてほい」と言いながら、腕と指で上下左右のいずれかを指さす。視聴者が同じ方向を向いていれば勝ち、同じ方向を向いていなければ失敗となる。参加者は、遠隔会議カメラを操作して、自分の行動を映すことに不慣れであったため、先にキャンセルした。

3-1-6 Whiteboard drawing（7 歳女子）

左手で白い紙に絵を描き、それが何であるかを当ててもらった。

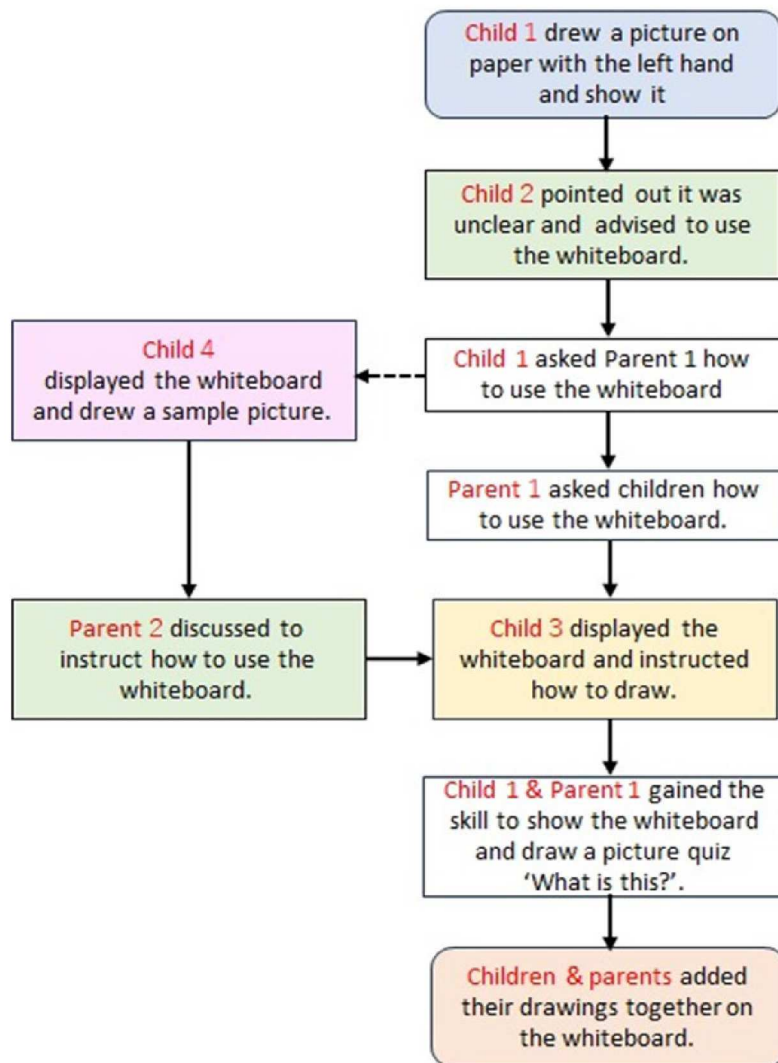


図 4-2 実空間の白紙から仮想空間の共有ホワイトボードへの多人数共同作業による変換プロセスのフローチャート

3-1-7 Origami：折り紙（6歳女子）

彼女はスクリーンに向かわず、ずっと折り紙を折っているようだった。親が代わりに説明しながら、終わったときだけ見せていた。低学年の女の子は折り紙を折ってゲームに参加していた。

3-1-8 Ayatori：あやとり（8歳女子）

彼女は、あやとりで「ほうき」を作るところから完成までをカメラの前で実演した。合計3人の子供たちが、ネット上で同じようなあやとりゲームに興じた。

3-1-9 Word-Chain game：しりとり（11 歳男子）

最初の人単語を言い、次の人がその単語の最後の文字が先頭にある単語を考えて言う遊び。最初はホワイトボードの画面共有機能を使って「Word-Chain game」を描くことを提案したが、画面共有がうまくいかないコミュニティもあったため、チャットでの共有に変更。チャットしりとりもやり方がわからない人がいたため、理解し合える参加者は 2 人だけであることが確認された。

3-1-10 Beautiful ice making（9 歳女子）

彼女は、カラフルなビーズやボタン、庭の花など、家のあちこちにあるかわいいものを集めてガラスのコップに入れ、水を注いで冷凍庫で凍らせ、美しい氷を作る方法を紹介した。

3-1-11 Bring me something（14 歳男子）

ディスプレイはギャラリービューに設置され、参加者全員がテレビ会議システムを通じてお互いの行動をスクリーン上で見ることができる。ゲームが導入されたは「青いものを部屋に持ち込み、最初に持ち帰った人の勝ち。」全員が同時に青い物体を取りに行き、持ち帰るとカメラに映し出され、他の参加者に示される。他にも、「金色のものやツルツルしたもの」など、課題のバリエーションが提案された。その結果、プレイを観た子どもたち全員がゲームに参加した。

3-1-12 Werewolf game（11 歳男子）

ゲームのルールと流れは次のようなものだった：ある村で、村人に変装した人狼が夜な夜な村人を次々と食べている。最低 3 人の村人と 1 人の占い師がいなければならない。村人チームの勝利条件は、人狼をすべて殺すこと。別のチームには人狼が 2 匹いて、両チームの人狼の数が同じになることが勝利条件。正午の時点で最も票の多かった人が脱落する。夜、人狼たちは話し合っ誰が食べられるかを決める。占い師は生きている人の役職を聞くことができる。このプロセスを繰り返す。テレビ会議システムのチャットと休憩室が使われた。参加者は高学年のみ。

3.2.保護者が提示した遊びのアイデア

2人の親から2つのゲームが紹介された。図3は、提案されたゲーム、参加した子どもの数、実際に参加した子どもの数を示している。

3-2-1 funny face in your stockings

親がストッキングを頭からかぶり、子供と一緒にストッキングを引っ張り、「変な顔」を見せて笑い合う。

高学年の男の子が面白がって、同じゲームをしようとした。

3-2-2 quiz

クイズは辞書の意味文の一部を与えられ、その単語が何であるかを問われる。例小麦粉、卵、砂糖で焼いた甘いお菓子は何か」という問題の場合、答えは「ケーキ」。クイズに答えたのは高学年の男の子1人だった。

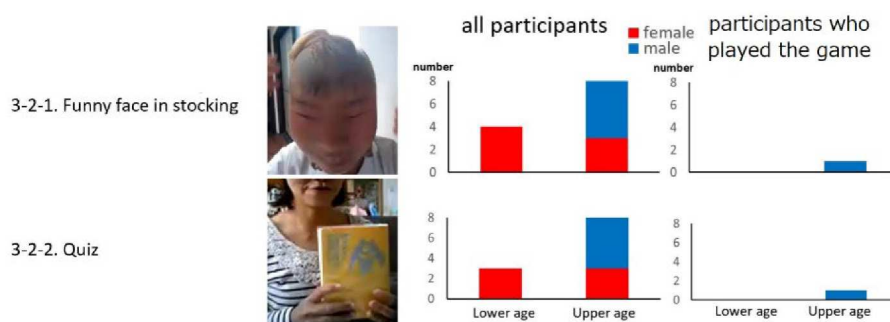


図 4-3 保護者が提示した2つの遊びのアイデアとその遊びを見て参加した子どもの数

3-3 8つの行動タイプ別時間の年齢依存性分析

表 4-2 5つのコミュニティの女性8名と男性7名における8種類の行動の時間合計：

低学年／高学年、性別、平均±SD

Community — child ID	age	Grade (<9) or upper (≥9)	gender	Seconds of a child's behavioral types								
				a. Engage ment	b. Sugges t play	c. Online Partici pation	d. Online Convers ation	e. Watch	f. Satisfa ction: Watch with a smile	g. Onsite Conversat ion	h. Onsite Participati on	i. Solitary Play
1-1	5	Lower	female	4730	5	360	15	300	20	10	5	5
1-2	7	Lower	female	4180	75	390	25	330	10	35	5	20
1-3	9	Upper	female	8705	125	790	50	275	25	105	5	100
2-4	5	Lower	female	4820	60	660	15	565	30	20	15	15
2-5	7	Lower	male	1615	30	125	0	270	0	0	10	0
2-6	10	Upper	male	9150	85	565	25	435	10	5	0	105
3-7	4	Lower	male	545	0	0	0	35	0	25	95	35
3-8	6	Lower	female	4090	10	0	0	185	5	30	95	125
4-9	8	Lower	female	6000	265	460	25	470	90	10	25	245
4-10	9	Upper	female	4905	0	665	20	505	10	35	25	200
5-11	9	Upper	female	8940	285	505	35	425	85	5	0	290
5-12	11	Upper	male	9135	1295	570	115	435	110	0	0	5
5-13	11	Upper	male	9365	1505	475	60	435	120	0	0	0
5-14	11	Upper	male	9115	65	440	50	90	10	0	0	10
5-15	14	Upper	male	8990	340	635	80	615	105	0	0	0

イベント中の録画映像の各 5 秒単位の観察に基づき、15 人の子供たちの各タイプの行動の合計録画時間データを表 2 にまとめた。これらの子どもの持続時間データを、ピアソンの積率相関係数に基づく線形近似式を用いて年齢依存性を分析し、その確率を横軸に年齢 [y]、縦軸に時間 [秒] をとった散布図に示した (図 4-4)。線形回帰およびピアソン積率相関係数、切片、および 0.05 未満の確率は、赤いフォントとアスタリスクで有意性として視覚化された。

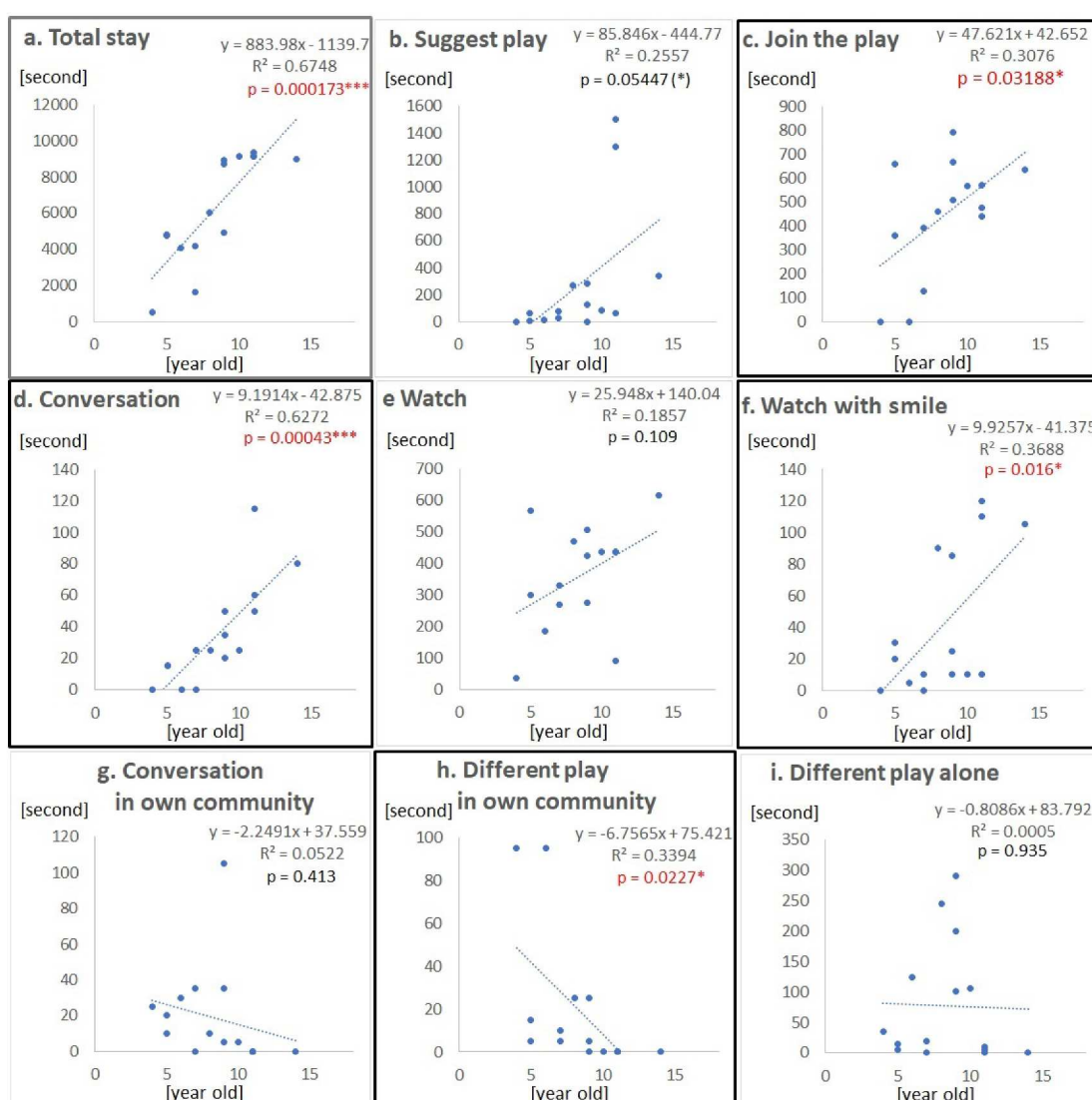


図 4-4 動作および反応時間と年齢依存性

その結果、総参加時間（図 4-4a）、提案された遊びへの参加時間（図 4-4c）、オンライン上での会話時間（図 4-4d）、笑顔で画面を見ている時間（図 4-4f）は、年齢が高いほど有意に長くなった。また、有意ではないが、遊びの提案時間（図 4-4b）、視聴時間（図 4-4e）についても同様の傾向がみられ、年齢が高いほど長くなっていた。一方、ネット上同士ではなく、自分のコミュニティ内で、一人ではなく複数人で他の遊びをする傾向は、低年齢ほど有意に高いようである（図 4-4h）。他のコミュニティメンバーとの会話時間が長い傾向は、低年齢ほど弱い（図 4-4g）。オンラインで提案されたゲームとは関係のないゲームを一人でプレイする時間は、年齢依存性が最も低く、8 歳から 10 歳の子どもほど長い（図 4-4i）。

4. 考察

COVID-19 のパンデミック（世界的大流行）では、平時には当然とされていた就学が禁止された[126], [127]。このような状況の中で、発達を促す対象として最も優先されるべき子ども同士のコミュニケーションが閉ざされ、子どもたちの社会的学習が異常に中断され[128], [129]た。このような小学生のコミュニケーション機会を回復するためにオンライン会議を利用した「オンライン・プレーパーク」を試みた[130]。年長児が多い首都圏近郊のコミュニティでは、すでにオンライン会議システムの使い方をマスターしており、COVID-19 で分断されたコミュニティのメンバー間の距離を埋めることができ、自己紹介ビデオの映像や音声は、インターネット・アプリケーションを使って巧みに編集されていた。自己紹介ビデオはコロナ禍前に撮影した自然の中での遊びの紹介や、コロナ禍に撮影した自宅の庭などの身近な自然である花や葉などを使った遊びの紹介も含まれていた。オンライン・プレーパークの中でも花や葉など自然を使った遊びの方法を、画面を通して他の子どもたちにリアルタイムで紹介していた。まるで、コロナ・パンデミックというネガティブな社会的抑圧が、能力開発を促進するためのコミュニケーション・ネットワークの補完のバネになったかのような印象があった[131]。一方、本研究の 5 つのコミュニティでは、遠隔会議システムの利用スキルに少なくとも若干の差が

あり、システムの利用に慣れていない低学年の子どもが多いコミュニティでは、保護者から戸惑いの声も聞かれた[132]。低年齢の子どもはオンラインよりもリアルな遊びに夢中になる傾向が強いこと（図 4-4h）は、子どもたちの戸惑いを解消する表現である可能性も否定できない。また、自分のコミュニティ内でのコミュニケーションの抑制は、コミュニケーションそのものが抑制されているためとも考えられるので、ネット上で別のコミュニティとオンラインを介してのコミュニケーションでは無く、自分のコミュニティ内でのコミュニケーションが活性化することは、プラスの効果と言える可能性がある[132]。さらに、オンライン会議システムに馴染みのないコミュニティにおいても、年齢依存的に有意な視聴時間の増加が見られた[133]。年長児の視聴時間の有意な増加（図 4-4 c）、オンラインを超えた会話時間の有意な増加（図 4-4 d）は、年長児の注意力の高さ、遠隔会議システムを利用した上級スキルユーザーからの情報伝達を統計的に確認されたことは、（図 4-4）[51]本研究の成果であった。笑顔を伴うカメラ視線の持続時間は、観察者の主観的な識別に委ねられているため、今後、機械による自動笑顔認識モニターを用いた再現性のある定量化技術が必要である[134]。しかし、参考データレベルでは、高学年ほど満足度が高い可能性が示唆された[135]。低年齢児が提案する遊びは、基本的に現実空間を物理的にコントロールする行動を伴うが、高年齢児は、現実空間を物理的にコントロールする行動をそのまま伝えるのではなく、例えば「青いもの持ってきて（3-1-11）」の例のように、オンラインシステムやビデオ編集を駆使して、新たなバーチャルを創造する空間に機能を拡張する高次性が特徴の可能性もある[136]。この参加児童では、高学年で男女差があり、高学年男子と低学年女子に偏りがあるが、図 4-4 の年齢依存性分析では、全年齢・全性別で年齢依存性が確認され、偏りが統計的に有意でなくなっているため、一定の信頼性がある[135]。他者から遊びを提案されると、遊びの内容に関わらず一人でビデオゲームをプレイし、自分の遊びを提案する前にその行動を繰り返し、おそらく練習することが観察され、このようなより自己主導的な行動は年齢に依存しないことが示された（図 4-4i）。この年齢非依存性は、例えば、年齢とともに学習が進む社会的機能とは異なる、より自己中心的な本能的機能を示唆して

いる[137], [138], [139], [140]。オンライン・プレーパークのタイムラグは、観察者の主観的な識別ではあるがオンラインゲームのタイムラグ[141]ほど子どもたちは気に留めていないようだった。これはオンラインを使用しているゲームではあるが、子どもたちは仮想空間でなく、リアル空間で参加しているからかもしれない。ゲーム参加時との比較アンケートと併せ、笑顔同様に再現化技術を応用したい。

COVID-19 パンデミックの初期段階における子どもの社会的コミュニケーション形成のためのオンライン相互補完介入に関する本研究の強みは、(1)遠距離で初めて会う子ども同士のコミュニケーションが成功したこと、(2)感染症や天候の心配がなかったこと、(3)子ども同士の相互学習や思考が観察されたこと、(4)自宅から親子で参加できたこと、(5)多くの参加者が純粋に体験を楽しみ、繰り返し参加したいと表明したことの5点である。このオンライン介入法の長所は、参加者の行動を記録・分析できることと、参加者の年齢情報を入力することで統計的に発達状況を推測できることである。

イベント終了直後、参加者に課題を尋ねるアンケートを実施したところ、次のような課題が出た。スタッフからは、子どもたちが早く慣れるための最初のアイスブレイク活動の必要性、低学年の子どもたちへのサポートや時間短縮の配慮などが挙げられた。高学年の子どもたちからは、低学年の子どもたちへの配慮が必要だという意見が出された。その他、年齢別の場面と異年齢交流を交互に行えるような構成にすること。また、初対面の子ども同士のコミュニケーションを深める工夫や、ICT 操作のスキルアップ研修の必要性、ニックネームでの呼び合い、終了後の親子全員での情報交換会の開催などが提案された。これらの課題の改善は、1回のイベントだけでなく、何度も繰り返す必要がある。また、ネット上の情報だけでは限界があるため、現場のリアルスペースについても工夫が必要である。

この研究は、サンプル数が少ないことと、行動分類の主観的な記述によって制限されている。サンプル数を増やし、再現可能な定量化のために異なる行動を識別する画像ディープラーニング技術を開発するための今後の研究が必要である[39], [142]。もう1つの限界は、この研究では子どもたち自身が遊びのアイデアを提案することを意図してい

たが、親が遊びのアイデアを提案するケースもあったことである。今後の研究では、保護者の遊びのアイデアを研究の一部として取り入れるか、子どもたちが保護者なしでオンラインプレイグループに参加するようにすべきである。

5. 結論

本研究では、COVID-19 パンデミックの初期段階において、感染回避のために抑制されていた子どもたちの社会的コミュニケーションの形成を補完するために、オンライン会議システムを用いた新しい介入方法の有効性を検討した。子どもたちがゲームを紹介し、オンラインで一緒に遊ぶという介入を、遠距離で離れた初対面の 15 人の子どもたちに試みた。子どもたちが提案した遊びの種類と、それぞれの遊びに費やした時間について、性差や年齢差を考慮して分析した。その結果、介入によって遠距離にいる年長児の共同遊びが促進され、総参加時間、遊びの提案量、オンライン上での会話、笑顔で画面を見ている時間は年齢が高くなるほど有意に増加することが示された。低年齢児における本研究の成果は、年齢依存的な社会形成様式として、地域社会におけるさまざまな遊びを促進することであった。社会的障害を持ち、COVID-19 ロックダウンの影響を受けやすいとされる ADHD や ASD の子どもたちも、ICT との親和性が高い傾向にあるため、このオンライン介入法の恩恵を受ける可能性がある。

今後の研究の方向性として、主に年齢依存の考慮と、ICT 活用スキルの違いへの配慮を加えたデザインの改善を提案する。また、今後、1 回限りのイベントだけでなく、イベントを繰り返すことの効果についても調査する必要がある。

本研究のもう一つの限界は、検証した地域が特殊であったことであり、今後の研究では、多様な地域に適した介入デザインを模索すべきである。ADHD や ASD[108]などは、何らかの遺伝的背景を併せ持つケースがあることが知られている[109]が、このような学習環境に接した経験が不足していることが原因の可能性がある [110], [111], [112]。学校での学習を推奨することの重要性は、他の年齢層より大きい。なぜなら発達期の学習メカニズムは、母国語の習得も含むコミュニケーションの形成においてよく

知られているからである[53], [59], [105], [113]。そして新型コロナウイルス COVID-19 の感染から子どもたちを守るための「STAY HOME」社会は、全国に非常事態宣言が出された4月16日から始まった。日本では感染が拡大し続けているため、ほとんどの幼稚園と学校は5月25日まで閉鎖された[114]。そのため子どもたちは家に閉じこもりがちになり、周囲の世界とつながろうとする意欲が失われていった。その結果、コミュニケーションな体験学習に対する障害が生まれた可能性も否定できない[115], [116], [117]。いくつかの報告では、COVID-19に関連したロックダウンやその他の封じ込め措置による学校閉鎖、閉じこもり、仲間との交流の欠如によって、気分の落ち込み、意欲の喪失、抑うつ、不安症状からの心的外傷後ストレス障害に至るまで、子どもたちの心理社会的・精神的健康被害が明らかになった[118], [119]。ADHD や ASD の子どもたちは、ロックダウン中の感情や行動に悪影響を受けた[120]。

子どもたちが互いに交流し、学び合う社会経験が不足している場合、それを補う真意教育システムとして「遊びの場」の「プレーパーク」が提案されている。プレーパークでは、自発性、やる気、創造性、協調性、困難を乗り越える忍耐力など、遊びを通して学ぶことを奨励している[32], [39], [121]。

スマートフォンやインターネット PC 端末などの情報通信技術 (ICT) は、家庭内の子どもたちを外の世界・自然・人、生きものと広げ、結びつける可能性を秘めている[143]。また、ICT は発達障害のある子どもたちと親和性が高いことが知られている[123], [124]。その一方で、子どもたちを虜にし、外の世界や自然の世界から遠ざけてしまう危険性も含め、監視と反映が必要な新しい教育ツールになる可能性も秘めている[104], [108], [109]。

「デジタルとアナログのネットワークプレーパーク」を応用し、映像や音声の ICT を活用して、子どもが自発的に外部とつながる新しいシステムの形を模索した。参加者が遊びの情報を交換しながら一緒に遊ぶという、オンラインを介したコミュニケーション形成を目的に開催した。当時は、年度初めの4月から休校状態が続き、約1カ月後の国民の祝日である「こどもの日」は、家庭内だけの閉鎖的なコミュニケーション状態で祝

われていた。子どもたちの心理的発達のために何かできないかと考え、本州の南西端に位置する山口県と千葉・埼玉県という遠く離れた場所で、同じ地域コミュニティの中にとどまるのではなく、オンライン ICT によってコミュニケーションの幅が広がり、コミュニケーションが可能になった、互いに知らない5つのコミュニティを提案し、異なる主催者に声をかけた。「1000km オンライン・プレーパークプロジェクト」は、子どもたちが自らゲームを提案し、参加者全員で遠距離オンライン対戦を行うというチャレンジだ。

2 時間のイベント中、15 人の子どもたちが他の子どもたちに自分の遊びを提案したり、他の提案者の遊びに参加したりする様子を記録し分析した。ビデオデータに含まれる各個人の行動種は、5 秒ごとに観察的に識別され、定義された。本研究の目的は、子どものコミュニケーション学習を抑制してきたパニック的なパンデミック社会に対抗するために開発された、コミュニケーション形成を目的とした介入の試行を検討することである。どのような子ども世代に対しても、より有効性の高いコミュニケーション介入法をデザインし、将来への必要条件を見出すために、我々は主に2つの分析的側面を探究した。ひとつは、子どもたちが提案した遊びのタイプで、初参加者が多いものであった。もうひとつは、参加時間とコミュニケーション時間で、年齢差と男女差の調査に焦点をあてた。ICT を活用したプレーパークの試みが子どもたちの心理に与える影響を調べるため、参加意欲の定量的指標とされる各遊びの滞在時間を、性差や年齢差を考慮しながら評価した。

第五章 本研究の総括、今後の研究方向性、及び展望

1. 総括

本研究では子どもの心身成育を GOAL とする試作技術「自然と融合する AI/IT 技術『新成育支援システム』」作成に向けた実践的試行や分析を行った。

図 5-1 は図 1-9 の再掲であり、本研究総括を説明する。本研究目標である、意欲・創造・協働・克服等を育てる環境要件と仮説する自然と、現代に必須な要件であると共に発達へのハイリスク性も有す IT/AI デジタル技術を活用した、子どもの心身成育支援システムの開発を目指して、三つの要素技術の試作と社会検証を行い、第 2 章から 4 章に、各検証結果を報告した。

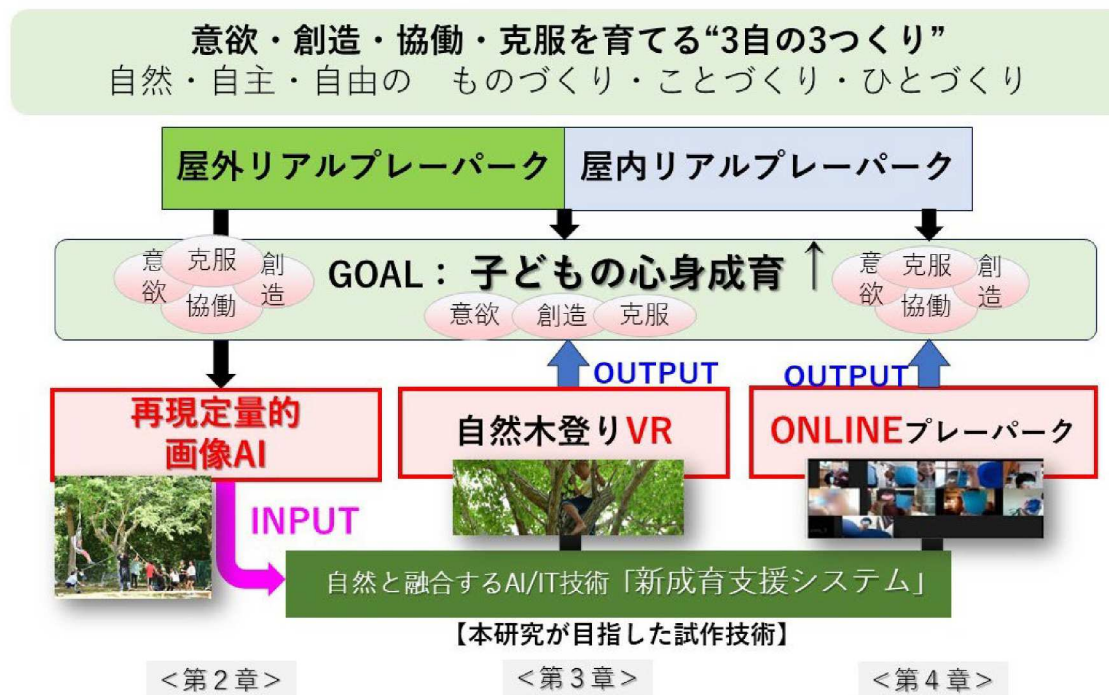


図 5-1 本研究が目指した施策技術

第二章の課題 1 では屋外リアルプレーパークにおける自然素材を使用した協働を促す可能性のある手作りブランコにおける子どもたちの行動を目視識別した画像に基づき定量再現的に機械識別を可能とする AI の試作を行った。子どもの個人情報やプライバシーを抑制し倫理的に考慮した低解像度画像に対し、ディープラーニングの手法を用いて研究者がラ

ベリングした行動パターンを識別できる計算モデルを生成しテスト画像に対する研究者のラベルに対する正答率を評価することで、その混同行列の要約を用いた定量評価により識別同定の信頼性を評価した。その結果、想定した特徴行動画像3種の間で高い正解率を確認することができたので、今後の、同特徴行動の汎用性検証や心理学的意義の検証、より複雑なソーシャルディスタンス等指標に基づく社会心理状態を再現定量的に診断することのできるAI開発への活用技術として、選択根拠を得た。

第三章の課題2では、成育環境として重要な可能性のある自然から、遠ざかる現代児童への補完を目指して、新しいデジタルメディアである仮想現実VRによる自然体験の成育支援システムを試作し、その効果を、屋内外の視聴環境要素の影響への考慮を伴い調査・分析を行った。成育効果を調査する対象データとして、木登り視聴体験をもたらすVR作品の視聴前後に、嗜好する遊び場の描画を依頼した。その結果、VR視聴後に描出数がいずれの視聴環境においても顕著に促進し、遊具をモチーフとする描画が人工物環境の屋内プレーパークで有意に多くなることから、自然体験VRの成育支援目標における創発意欲を促す効果と、視聴環境を考慮した今後の開発デザイン要件を確認した。

第四章課題3では、社会分断を余儀なくされた異常な成育環境下にあった児童と保護者に協力を得て、デジタル通信オンライン会議技術を活用しながら、実空間に生活する子ども同士の成育支援のICT補完を目指した成育支援システム、オンライン・プレーパークの試作および検証を行った。新学期から家の中に引きこもられる社会圧が1か月継続した最初のこどもの日の開催2日前に、年齢や文化の異なる未知の子ども同士で、互いの遊び提案と、共に遊ぶイベントを提案し、その実施で示された出力結果の分析を、自主・協働・創造・克服力の観点で行った。その結果、15名の子どもが集い、12種の遊びを相互に提案、異年齢や生物を問わない遊びや実空間で重力や生きものの自然が取り込まれた創造や協働が生まれた。参加やコミュニケーションの時間に年齢依存性が認められ、社会制約状態にある子どもへの成育支援システムとしての有効性と、成育状態を考慮した改良要件を得た。

2. 今後の研究についてと課題

保育や教育などの現場で IT は必ずしも歓迎されていない。自然体験を促す支援機関の遊び環境では特に批判的な意見が大半を占める。しかし、今回の研究を踏まえ、益々工学と精神医学、保育や学校の現場の先生方との連携が不可欠と確認できた。確かな目や耳、するどい五感と経験を持つ保育士や支援学校の教員など教育現場の人たちとの共同研究の必要性を感じた。

今回の研究では乗り手とロープの引手の間での再現定量性の裏付けのもとに協働が確認できたが、学習背景の考慮、例えば、親しい人間関係での利他的行動か知り合いで無い人間同士での協働かの区別が出来ていない。今後は子どもたちの距離、AI 分析での視線や笑顔の変化など、複数の定量識別可能な要素指標を加えて分析し、人間関係の自動化にも挑戦したい。

工学は現在でも様々な領域との学際的な研究が見られるが、どちらかというと普及が十分ではない、教育や保育、地域の子育て支援など経験が重視される分野で更なる共同研究を進めて行きたい。

自然との接触、相互作用、認知機能、脳活動、血圧、精神的健康、身体活動、睡眠の改善との間に多報告により関連性が知られている。豊かな自然の中で過ごす時間を持つことができることは大切なことだが、シングルマザーやシングルファザーなどの世帯構成員の減少や経済格差が、子どもの体験格差へとつながっていくことが社会背景に示唆される。すべての人が豊かな自然の中で過ごす時間を持つことは容易ではないが、そのようなときには最寄りの小さな公園に行き、そこにも行けないようであればストレス軽減を期待した VR による自然に包まれ没入する体験もストレス軽減に役立つ可能性がある。その拡張性の高い VR の素材自体への研究の重要性を感じる。

手作り遊具への危険性が指摘されることも多い。本研究には関わりは無いが 2023 年 8 月に鳥取で手作りスライダーでの事故が起きた。本会場のプレーパークで使用した遊具は担当者が必ず見守りを行っていた。遊具の質ではなく、ルールの徹底や見守る大人の目とその大人の質を上げることも大切なことのひとつだ。運転者の視線を追尾する AI

のような、安全管理に立ち会う大人の視線分析 AI 分析やベテラン保育者と新人の保育者の視線分析比較など、工場での無駄な動きや工程のエラーを AI が管理する技術を開発することで、困難が予測されるけれど保育や教育現場での応用が期待される。

子どもの遊び環境に AI や IT を持ち込むことに忌避を感じる人もいるが、定量化し理解することで初めて支援を実現出来る可能性のあるものが多々ある。プレーパークの教育支援者である、経験を積んだプレーリーダーと新人のプレーリーダーの動きの定量化や子どもとの動きの連動など、感覚でしかわからなかった概念が定量的に把握できる研究を更に進めたい。

3 章でオンライン遊びに参加した子どもたちのなかには、パンデミック前ではプレーパークを居場所にしていたこどもがいる。遊びに積極的な子どもたちは、災害時でもすぐに適応し、遊べる環境を開拓し得る能力力を持っていることが示された、と考えている。

子どもの遊びに IT/AI は外して考えることが出来ない世の中となった。一般社会においても大人の中には IT と自然を対極に捉え、リアルな自然の推奨に偏る状況も散見される。本検証結果の有効性確認を踏まえ、何らかの理由で人を含めたリアルな自然との結びつきが出来ない子どもたちが、人や生き物含む自然へ橋渡しをする VR や AR を活用した手段、階段の 1 段目として使用する可能性を示唆できたのではないかと考える。

本研究においては、屋外のプレーパークで遊んでいる 9 歳以上の子どもたちは、IT を積極的に駆使しながら、屋外の遊びを中断させない生活を送っていた。常時屋外での集団遊びをしていることが、子どもたちの社会性の育みになっていると考えられる。今後は常時屋外での集団遊びをしているグループとスポーツ教室など指導の下で過ごしている子どもたちのパンデミック時の外部との繋がり状況などを調べることで、本知見の汎用性検証、もしくは、特異性検証を探索し、適用多様性探索を計る必要がある。

パンデミック時に 1 度しか開催出来なかったオンラインを活用した遊び場を、本研究全体を通した反省を踏まえて、平常時においても VR/AR などの IT を活用することで、仮想パンデミック誘導の再現における、多様な環境での、冷静かつ的確な防災対応が次

機パンデミック時に実施できるように、繰り返し開催することで、問題点の検証を進めて行きたい。AR や V R 技術を、今後も重力空間における制御を自主的に遊び学ぶことができる仮想と現実を繋ぐ遊びを推奨したい。「新成育支援システム」構築のため、サンプル数と自動化出来る対象種の質・量を増やし、多領域の方々との共同研究を進めていきたい。

参考文献

- [1] J. Piaget, 'Play, Dreams and Imitation'.
- [2] K. R. Ginsburg *et al.*, 'The importance of play in promoting healthy child development and maintaining strong parent-child bonds', *Pediatrics*, vol. 119, no. 1, pp. 182–191, Jan. 2007, doi: 10.1542/peds.2006-2697.
- [3] B. Gaver, 'DESIGNING FOR HOMO LUDENS'.
- [4] R 1, 'The role of learning in fish behaviour', 1992.
- [5] J. M. Burkart, C. Van Schaik, and M. Griesser, 'Looking for unity in diversity: Human cooperative childcare in comparative perspective', Dec. 20, 2017, *Royal Society Publishing*. doi: 10.1098/rspb.2017.1184.
- [6] J. Bowlby, M. Ainsworth, and I. Bretherton, 'The Origins of Attachment Theory', 1992.
- [7] E. J. Gibson, 'Further ANNUAL REVIEWS EXPLORATORY BEHAVIOR IN THE DEVELOPMENT OF PERCEIVING, ACTING, AND THE ACQUIRING OF KNOWLEDGE *', 1988. [Online]. Available: www.annualreviews.org
- [8] B. B. Mildred Parten, 'SOCIAL PLAY AMONG PEESCHOOL CHILDKEN', 1932.
- [9] A. Bowler, T. Arichi, C. Austerberry, P. Fearon, and A. Ronald, 'A Systematic Review and Meta-Analysis of the Associations Between Motor Milestone Timing and Motor Development in Neurodevelopmental Conditions', *Neurosci Biobehav Rev*, p. 105825, Jul. 2024, doi: 10.1016/j.neubiorev.2024.105825.
- [10] Claes von Hofsten, 'An action perspective on motor development ', *Trends Cogn Sci*, pp. 266–272, 2004.

- [11] K. R. Ginsburg *et al.*, 'The importance of play in promoting healthy child development and maintaining strong parent-child bonds', *Pediatrics*, vol. 119, no. 1, pp. 182–191, Jan. 2007, doi: 10.1542/peds.2006-2697.
- [12] B. Fleming, 'The. Classic Parents' and Teachers' Nature Awareness "PERMISSION TO REPRODUCE THIS Guidebook MATERIAL HAS BEEN GRANTED BY'.
- [13] J. (Johan) Huizinga, D. V. (Dmitrij V. Sil'vestrov, D. E. (Dmitrij E. Charitonovic', Д. В. (Д м и т р и й В. С и л ь в е с т р о в, and Д. Э. (Д м и т р и й Э. Х а р и т о н о в и ч, *Homo ludens : stat'i po istorii kul'tury*. Progress Tradicija, 1997.
- [14] L. E. McCurdy, K. E. Winterbottom, S. S. Mehta, and J. R. Roberts, 'Using nature and outdoor activity to improve children's health', 2010, *Mosby Inc.* doi: 10.1016/j.cppeds.2010.02.003.
- [15] I. K. Mitsunari TERADA, '地方自治体による街区公園の ボール遊びの規制実態に関する研究'.
- [16] 'The After-School Lives of Children Alone and With Others While Parents Work'.
- [17] P. Gray, 'The Decline of Play and the Rise of Psychopathology in Children and Adolescents •', 2011.
- [18] Robert Fulghum, *All I Really to know I Learned in kindergarten*.
- [19] J. Weeland, M. A. Moens, F. Beute, M. Assink, J. P. C. Staaks, and G. Overbeek, 'A dose of nature: Two three-level meta-analyses of the beneficial effects of exposure to nature on Children's self-regulation', Oct. 01, 2019, *Academic Press*. doi: 10.1016/j.jenvp.2019.101326.
- [20] G. Godbey, 'Outdoor Recreation, Health, and Wellness: Understanding and Enhancing the Relationship', NW, 2003. [Online]. Available: www.rff.org
- [21] 'Convention on the Rights of the Child'.

- [22] G. N. Bratman, J. P. Hamilton, and G. C. Daily, 'The impacts of nature experience on human cognitive function and mental health', *Ann N Y Acad Sci*, vol. 1249, no. 1, pp. 118–136, 2012, doi: 10.1111/j.1749-6632.2011.06400.x.
- [23] G. W. Evans and J. M. McCoy, 'ENVIRONMENTAL PSYCHOLOGY Journalof WHEN BUILDINGS DON'T WORK: THE ROLE OF ARCHITECTURE IN HUMAN HEALTH', 1998.
- [24] L. De Lannoy, R. E. Rhodes, S. A. Moore, G. Faulkner, and M. S. Tremblay, 'Regional differences in access to the outdoors and outdoor play of Canadian children and youth during the COVID-19 outbreak', *SPECIAL SECTION ON COVID*, vol. 19, 1997, doi: 10.17269/s41997-020-00412-4/Published.
- [25] Y. R. Chassiakos *et al.*, 'Children and adolescents and digital media', *Pediatrics*, vol. 138, no. 5, Nov. 2016, doi: 10.1542/peds.2016-2593.
- [26] C. Oranç and A. C. Küntay, 'Learning from the real and the virtual worlds: Educational use of augmented reality in early childhood', Sep. 01, 2019, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.ijcci.2019.06.002.
- [27] E. Fosch-Villaronga, S. van der Hof, C. Lutz, and A. Tamò-Larrieux, 'Toy story or children story? Putting children and their rights at the forefront of the artificial intelligence revolution', *AI Soc*, vol. 38, no. 1, pp. 133–152, Feb. 2023, doi: 10.1007/s00146-021-01295-w.
- [28] 'Possibilities of Health Promotion and Mitigation of Inequality in Health through Natural Environment and Experience in Nature Tokio IZAKI'.
- [29] '16_Papastergiou'.
- [30] C. PAPASTERGIOU, "Junk Playgrounds The 'Anti-Aesthetics' of Play in Post-World War II Playground Design", *sITA*, no. 8, 2020, doi: 10.54508/sITA.8.18.

- [31] T. Morgenthaler, C. Schulze, D. Pentland, and H. Lynch, 'Environmental Qualities That Enhance Outdoor Play in Community Playgrounds from the Perspective of Children with and without Disabilities: A Scoping Review', Feb. 01, 2023, *MDPI*. doi: 10.3390/ijerph20031763.
- [32] Z. Hua *et al.*, 'Four temporary waterslide designs adapted to different slope conditions to encourage child socialization in playgrounds', *Journal of Visualized Experiments*, vol. 2022, no. 190, Dec. 2022, doi: 10.3791/64235.
- [33] 'peds_20190811'.
- [34] J. H. Yang *et al.*, 'Association between prenatal exposure to indoor air pollution and autistic-like behaviors among preschool children', *Indoor Air*, vol. 32, no. 1, Jan. 2022, doi: 10.1111/ina.12953.
- [35] A. Lehman, 'Evolution, Autism social change and A New Feminine Theory of Evolution That Explains Autism'.
- [36] A. Faber Taylor and F. E. M. Kuo, 'Could exposure to everyday green spaces help treat adhd? Evidence from children's play settings', *Appl Psychol Health Well Being*, vol. 3, no. 3, pp. 281–303, Nov. 2011, doi: 10.1111/j.1758-0854.2011.01052.x.
- [37] A. Faber Taylor and F. E. Kuo, 'Children with attention deficits concentrate better after walk in the park', *J Atten Disord*, vol. 12, no. 5, pp. 402–409, Mar. 2009, doi: 10.1177/1087054708323000.
- [38] X. Zhang, Y. Sugano, M. Fritz, and A. Bulling, 'Appearance-Based Gaze Estimation in the Wild'.
- [39] F. Tomoto *et al.*, 'Stress Brain and Behavior Human motion tracking AI revealed that a hand-made swing in Nature led to the emergence of children's cooperative society', 230AD. [Online]. Available: www.isbsjapan.org
- [40] G. Z. Tau and B. S. Peterson, 'Normal development of brain circuits', Jan. 2010. doi: 10.1038/npp.2009.115.

- [41] J. M. Zelenski, R. L. Dopko, and C. A. Capaldi, 'Cooperation is in our nature: Nature exposure may promote cooperative and environmentally sustainable behavior', *J Environ Psychol*, vol. 42, pp. 24–31, Jun. 2015, doi: 10.1016/j.jenvp.2015.01.005.
- [42] M. P. Jimenez *et al.*, 'Associations between nature exposure and health: A review of the evidence', May 01, 2021, *MDPI*. doi: 10.3390/ijerph18094790.
- [43] M. Immacolata Spagnuolo *et al.*, 'Global prevalence of developmental disabilities in children and adolescents: A systematic umbrella review'. [Online]. Available: <https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/>
- [44] L. C. Murdock, J. A. Dantzler, A. N. Walker, and L. B. Wood, 'The effect of a platform swing on the independent work behaviors of children with autism spectrum disorders', *Focus Autism Other Dev Disabl*, vol. 29, no. 1, pp. 50–61, Mar. 2014, doi: 10.1177/1088357613509838.
- [45] E. Insafutdinov, L. Pishchulin, B. Andres, M. Andriluka, and B. Schiele, 'DeeperCut: A Deeper, Stronger, and Faster Multi-Person Pose Estimation Model', May 2016, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1605.03170>
- [46] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, 'You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection'. [Online]. Available: <http://pjreddie.com/yolo/>
- [47] X. Liu *et al.*, 'SRTPN: Scale and Rotation Transform Prediction Net for Multimodal Remote Sensing Image Registration', *Remote Sens (Basel)*, vol. 15, no. 14, Jul. 2023, doi: 10.3390/rs15143469.
- [48] S. Marrone, C. Papa, and C. Sansone, 'Effects of hidden layer sizing on CNN fine-tuning', *Future Generation Computer Systems*, vol. 118, pp. 48–55, May 2021, doi: 10.1016/j.future.2020.12.020.
- [49] A. F. Agarap, 'Deep Learning using Rectified Linear Units (ReLU)', Mar. 2018, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1803.08375>

- [50] F. U. M. Ullah, A. Ullah, I. U. Haq, S. Rho, and S. W. Baik, 'Short-Term Prediction of Residential Power Energy Consumption via CNN and Multi-Layer Bi-Directional LSTM Networks', *IEEE Access*, vol. 8, pp. 123369–123380, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2963045.
- [51] K. Oda, R. Colman, and M. Koshiha, 'Simplified Attachable EEG Revealed Child Development Dependent Neurofeedback Brain Acute Activities in Comparison with Visual Numerical Discrimination Task and Resting', *Sensors*, vol. 22, no. 19, Oct. 2022, doi: 10.3390/s22197207.
- [52] K. Mimura, 'Multivariate PCA Analysis Combined with Ward's Clustering for Verification of Psychological Characterization in Visually and Acoustically Social Contexts', *J Clin Toxicol*, vol. 03, no. 01, 2013, doi: 10.4172/2161-0495.1000157.
- [53] G. Karino *et al.*, 'Common marmosets develop age-specific peer social experiences that may affect their adult body weight adaptation to climate', 2015. [Online]. Available: www.stressbrainbehavior.com
- [54] Y. Shirakawa, 'Multivariate Correlation Analysis Suggested High Ubiquinol and Low Ubiquinone in Plasma Promoted Primate 's Social Motivation and IR Detected Lower Body Temperature', *J Clin Toxicol*, vol. 03, no. 02, 2013, doi: 10.4172/2161-0495.1000160.
- [55] M. Koshiha *et al.*, 'A Susceptible Period of Photic Day-Night Rhythm Loss in Common Marmoset Social Behavior Development.', *Front Behav Neurosci*, vol. 14, p. 539411, 2020, doi: 10.3389/fnbeh.2020.539411.
- [56] M. Koshiha *et al.*, 'Socio-emotional development evaluated by Behaviour Output analysis for Quantitative Emotional State Translation (BOUQUET): Towards early diagnosis of individuals with developmental disorders', *OA Autism*, vol. 1, no. 2, Jul. 2013, doi: 10.13172/2052-7810-1-2-671.

- [57] G. Karino *et al.*, 'Inexpensive home infrared living/environment sensor with regional thermal information for infant physical and psychological development', *Int J Environ Res Public Health*, vol. 17, no. 18, pp. 1–23, Sep. 2020, doi: 10.3390/ijerph17186844.
- [58] M. Koshihara *et al.*, 'Peer attachment formation by systemic redox regulation with social training after a sensitive period', *Sci Rep*, vol. 3, 2013, doi: 10.1038/srep02503.
- [59] M. Koshihara *et al.*, 'Susceptible period of socio-emotional development affected by constant exposure to daylight', *Neurosci Res*, vol. 93, pp. 91–98, Apr. 2015, doi: 10.1016/j.neures.2014.09.011.
- [60] A. Senoo *et al.*, 'Effects of constant daylight exposure during early development on marmoset psychosocial behavior', *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*, vol. 35, no. 6, pp. 1493–1498, Aug. 2011, doi: 10.1016/j.pnpbp.2011.01.008.
- [61] M. Koshihara *et al.*, 'Early-infant diagnostic predictors of the neuro-behavioral development after neonatal care', *Behavioural Brain Research*, vol. 276, pp. 143–150, Jan. 2015, doi: 10.1016/j.bbr.2014.05.054.
- [62] K. Mimura *et al.*, 'Potential of a smartphone as a stress-free sensor of daily human behaviour', *Behavioural Brain Research*, vol. 276, pp. 181–189, Jan. 2015, doi: 10.1016/j.bbr.2014.06.007.
- [63] M. Koshihara *et al.*, 'Psycho-Cognitive Intervention for ASD from Cross-Species Behavioral Analyses of Infants, Chicks and Common Marmosets.', *CNS Neurol Disord Drug Targets*, vol. 15, no. 5, pp. 578–86, 2016, doi: 10.2174/1871527315666160413121613.
- [64] G. Karino, T. Murakoshi, S. Nakamura, T. Kunikata, H. Yamanouchi, and M. Koshihara, 'Timing of changes from a primitive reflex to a voluntary behavior in infancy as a potential predictor of socio-psychological and physical development during juvenile stages among common marmosets', *J*

- King Saud Univ Sci*, vol. 27, no. 3, pp. 260–270, Jul. 2015, doi: 10.1016/j.jksus.2015.03.005.
- [65] G. Koppe, A. Meyer-Lindenberg, and D. Durstewitz, ‘Deep learning for small and big data in psychiatry’, *Neuropsychopharmacology*, vol. 46, no. 1, pp. 176–190, Jan. 2021, doi: 10.1038/s41386-020-0767-z.
- [66] M. Quaak, L. van de Mortel, R. M. Thomas, and G. van Wingen, ‘Deep learning applications for the classification of psychiatric disorders using neuroimaging data: Systematic review and meta-analysis’, *Neuroimage Clin*, vol. 30, p. 102584, 2021, doi: 10.1016/j.nicl.2021.102584.
- [67] 當本ふさ子、小柴満美子, ‘自然チャレンジ体験VRが理想の遊び場デザイン創画に与える影響—初めてのことが苦手な子どもへの支援IT教材開発に向けて—’, *こども環境学研究*, vol. 16, no. 1, pp. 52–52, 2020.
- [68] Y. Lecun, Y. Bengio, and G. Hinton, ‘Deep learning’, May 27, 2015, *Nature Publishing Group*. doi: 10.1038/nature14539.
- [69] I. H. Sarker, ‘Deep Learning: A Comprehensive Overview on Techniques, Taxonomy, Applications and Research Directions’, *SN Comput Sci*, vol. 2, no. 6, p. 420, Nov. 2021, doi: 10.1007/s42979-021-00815-1.
- [70] H. Hassani, E. S. Silva, S. Unger, M. TajMazinani, and S. Mac Feely, ‘Artificial Intelligence (AI) or Intelligence Augmentation (IA): What Is the Future?’, *AI*, vol. 1, no. 2, pp. 143–155, Apr. 2020, doi: 10.3390/ai1020008.
- [71] ‘Children and AI’.
- [72] F. C. Chang *et al.*, ‘Children’s use of mobile devices, smartphone addiction and parental mediation in Taiwan’, *Comput Human Behav*, vol. 93, pp. 25–32, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.chb.2018.11.048.
- [73] L. Fischer-Grote, O. D. Kothgassner, and A. Felnhofer, ‘Risk factors for problematic smartphone use in children and adolescents: a review of existing literature’, *neuropsychiatrie*, vol. 33, no. 4, pp. 179–190, Dec. 2019, doi: 10.1007/s40211-019-00319-8.

- [74] L. Freina and M. Ott, 'A LITERATURE REVIEW ON IMMERSIVE VIRTUAL REALITY IN EDUCATION: STATE OF THE ART AND PERSPECTIVES.', in *11th International Conference eLearning and Software for Education*, Carol I National Defence University Publishing House, Apr. 2015, pp. 133–141. doi: 10.12753/2066-026x-15-020.
- [75] N. Didehbani, T. Allen, M. Kandalaft, D. Krawczyk, and S. Chapman, 'Virtual Reality Social Cognition Training for children with high functioning autism', *Comput Human Behav*, vol. 62, pp. 703–711, Sep. 2016, doi: 10.1016/j.chb.2016.04.033.
- [76] R. Clements, 'An Investigation of the Status of Outdoor Play', 2004. [Online]. Available: www.askatl.org.uk
- [77] Z. Hua *et al.*, 'Four Temporary Waterslide Designs Adapted to Different Slope Conditions to Encourage Child Socialization in Playgrounds', *Journal of Visualized Experiments*, no. 190, Dec. 2022, doi: 10.3791/64235.
- [78] G. Goldschmidt, 'The dialectics of sketching', *Creat Res J*, vol. 4, no. 2, pp. 123–143, Jan. 1991, doi: 10.1080/10400419109534381.
- [79] L. S. Vygotsky, 'Imagination and Creativity in Childhood', *Soviet Psychology*, vol. 28, no. 1, pp. 84–96, Jan. 1990, doi: 10.2753/RPO1061-0405280184.
- [80] E. Almers, P. Askerlund, T. Samuelsson, and S. Waite, 'Children's preferences for schoolyard features and understanding of ecosystem service innovations – a study in five Swedish preschools', *Journal of Adventure Education and Outdoor Learning*, vol. 21, no. 3, pp. 230–246, Jul. 2021, doi: 10.1080/14729679.2020.1773879.
- [81] Á. Sánchez, J. María Barreiro, and V. Maojo, 'Design of virtual reality systems for education: A cognitive approach', *Educ Inf Technol (Dordr)*, vol. 5, no. 4, pp. 345–362, 2000, doi: 10.1023/A:1012061809603.

- [82] J. B. Townsend and S. Barton, 'The impact of ancient tree form on modern landscape preferences', *Urban For Urban Green*, vol. 34, pp. 205–216, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.ufug.2018.06.004.
- [83] N. Kabisch, M. van den Bosch, and R. Laforteza, 'The health benefits of nature-based solutions to urbanization challenges for children and the elderly – A systematic review', 2017, *Academic Press Inc.* doi: 10.1016/j.envres.2017.08.004.
- [84] M. Yoda *et al.*, 'Stress Brain and Behavior AI, deep learning-based automatic tracking implies synchronicity within adult pairs of common marmosets', 220AD. [Online]. Available: www.isbsjapan.org
- [85] B. Sokołowska, 'Impact of Virtual Reality Cognitive and Motor Exercises on Brain Health', *Int J Environ Res Public Health*, vol. 20, no. 5, p. 4150, Feb. 2023, doi: 10.3390/ijerph20054150.
- [86] D. D. Georgiev, I. Georgieva, Z. Gong, V. Nanjappan, and G. V. Georgiev, 'Virtual reality for neurorehabilitation and cognitive enhancement', *Brain Sci*, vol. 11, no. 2, pp. 1–20, Feb. 2021, doi: 10.3390/brainsci11020221.
- [87] M. Koshiha *et al.*, 'A cross-species socio-emotional behaviour development revealed by a multivariate analysis', *Sci Rep*, vol. 3, no. 1, p. 2630, Sep. 2013, doi: 10.1038/srep02630.
- [88] K. Mimura, 'A Sensitive Period of Peer-Social Learning', *J Clin Toxicol*, vol. 03, no. 02, 2013, doi: 10.4172/2161-0495.1000158.
- [89] G. V. Thomas and R. P. Jolley, 'Drawing conclusions: A re-examination of empirical and conceptual bases for psychological evaluation of children from their drawings', 1998, *John Wiley and Sons Ltd.* doi: 10.1111/j.2044-8260.1998.tb01289.x.
- [90] L. Yu and Y. Li, 'A study of practical drawing skills and knowledge transferable skills of children based on STEAM education', *Front Psychol*, vol. 13, Oct. 2022, doi: 10.3389/fpsyg.2022.1001521.

- [91] A. Palanica, A. Lyons, M. Cooper, A. Lee, and Y. Fossat, 'A comparison of nature and urban environments on creative thinking across different levels of reality', *J Environ Psychol*, vol. 63, pp. 44–51, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.jenvp.2019.04.006.
- [92] A. ; Falk and Fischbacher, 'A theory of reciprocity Working Paper', doi: 10.3929/ethz-a-004372683.
- [93] K. Klussman, N. Curtin, J. Langer, and A. L. Nichols, 'The Importance of Awareness, Acceptance, and Alignment With the Self: A Framework for Understanding Self-Connection', *Eur J Psychol*, vol. 18, no. 1, pp. 120–131, Feb. 2022, doi: 10.5964/ejop.3707.
- [94] G. L. Cohen and D. K. Sherman, 'The Psychology of Change: Self-Affirmation and Social Psychological Intervention', *Annu Rev Psychol*, vol. 65, no. 1, pp. 333–371, Jan. 2014, doi: 10.1146/annurev-psych-010213-115137.
- [95] K. Yamazumi, 'Transformative instruction as affirmation intervention: an activity-theoretical study of children's agency and responsible learning in a Japanese elementary school', *Educational Research for Policy and Practice*, vol. 20, no. 2, pp. 147–163, Jun. 2021, doi: 10.1007/s10671-020-09272-8.
- [96] E. S. Spelke, 'Sex Differences in Intrinsic Aptitude for Mathematics and Science?: A Critical Review.', *American Psychologist*, vol. 60, no. 9, pp. 950–958, 2005, doi: 10.1037/0003-066X.60.9.950.
- [97] J. Prins, F. van der Wilt, C. van der Veen, and D. Hovinga, 'Nature play in early childhood education: A systematic review and meta ethnography of qualitative research', Nov. 10, 2022, *Frontiers Media S.A.* doi: 10.3389/fpsyg.2022.995164.
- [98] L. Chawla, 'Childhood nature connection and constructive hope: A review of research on connecting with nature and coping with environmental loss',

- People and Nature*, vol. 2, no. 3, pp. 619–642, Sep. 2020, doi: 10.1002/pan3.10128.
- [99] ‘Developing understanding-Community of Learners’.
- [100] H. A. Patrick and V. R. Kumar, ‘Managing workplace diversity: Issues and challenges’, *Sage Open*, vol. 2, no. 2, pp. 1–15, Apr. 2012, doi: 10.1177/2158244012444615.
- [101] S. Molina Roldán, J. Marauri, A. Aubert, and R. Flecha, ‘How Inclusive Interactive Learning Environments Benefit Students Without Special Needs’, *Front Psychol*, vol. 12, Apr. 2021, doi: 10.3389/fpsyg.2021.661427.
- [102] B. Thornhill-Miller *et al.*, ‘Creativity, Critical Thinking, Communication, and Collaboration: Assessment, Certification, and Promotion of 21st Century Skills for the Future of Work and Education’, Mar. 01, 2023, *MDPI*, doi: 10.3390/jintelligence11030054.
- [103] Y. Tang, H. Diao, F. Jin, Y. Pu, and H. Wang, ‘The effect of peer education based on adolescent health education on the resilience of children and adolescents: A cluster randomized controlled trial’, *PLoS One*, vol. 17, no. 2 February, Feb. 2022, doi: 10.1371/journal.pone.0263012.
- [104] J.-B. Guimbaud *et al.*, ‘Machine learning-based health environmental-clinical risk scores in European children’, *Communications Medicine*, vol. 4, no. 1, May 2024, doi: 10.1038/s43856-024-00513-y.
- [105] M. Koshiha *et al.*, ‘A Susceptible Period of Photic Day-Night Rhythm Loss in Common Marmoset Social Behavior Development’, *Front Behav Neurosci*, vol. 14, Feb. 2021, doi: 10.3389/fnbeh.2020.539411.
- [106] Y. Shirakawa, ‘Peer-Social Network Development Revealed by the Brain Multivariate Correlation Map with 10 Monoamines and 11 Behaviors’, *J Clin Toxicol*, vol. 03, no. 02, 2013, doi: 10.4172/2161-0495.1000161.

- [107] J. R. Homberg *et al.*, ‘Understanding autism and other neurodevelopmental disorders through experimental translational neurobehavioral models’, Jun. 01, 2016, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.neubiorev.2016.03.013.
- [108] Z. Li *et al.*, ‘Complex interplay of neurodevelopmental disorders (NDDs), fractures, and osteoporosis: a mendelian randomization study’, *BMC Psychiatry*, vol. 24, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1186/s12888-024-05693-4.
- [109] M. Mattheisen *et al.*, ‘Identification of shared and differentiating genetic architecture for autism spectrum disorder, attention-deficit hyperactivity disorder and case subgroups’, *Nat Genet*, vol. 54, no. 10, pp. 1470–1478, Oct. 2022, doi: 10.1038/s41588-022-01171-3.
- [110] D. Theodoridou, P. Christodoulides, V. Zakopoulou, and M. Syrrou, ‘Developmental dyslexia: Environment matters’, *Brain Sci*, vol. 11, no. 6, Jun. 2021, doi: 10.3390/brainsci11060782.
- [111] A. Genovese and M. G. Butler, ‘The Autism Spectrum: Behavioral, Psychiatric and Genetic Associations’, Mar. 01, 2023, *MDPI*. doi: 10.3390/genes14030677.
- [112] C. A. Nelson and L. J. Gabard-Durnam, ‘Early Adversity and Critical Periods: Neurodevelopmental Consequences of Violating the Expectable Environment’, Mar. 01, 2020, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.tins.2020.01.002.
- [113] G. Karino *et al.*, ‘Inexpensive home infrared living/environment sensor with regional thermal information for infant physical and psychological development’, *Int J Environ Res Public Health*, vol. 17, no. 18, pp. 1–23, Sep. 2020, doi: 10.3390/ijerph17186844.
- [114] J. Takaya *et al.*, ‘Effect of the COVID-19 pandemic lockdown on the physique of school-age children in Japan’, *Ann Pediatr Endocrinol Metab*, vol. 28, no. 2, pp. 124–130, Jun. 2023, doi: 10.6065/apem.2244228.114.

- [115] M. Koshiha *et al.*, 'Peer attachment formation by systemic redox regulation with social training after a sensitive period', *Sci Rep*, vol. 3, 2013, doi: 10.1038/srep02503.
- [116] L. E. Vestal, A. M. Schmidt, N. L. Dougherty, M. R. Sherby, J. G. Newland, and N. B. Mueller, 'COVID-19-Related Facilitators and Barriers to In-Person Learning for Children With Intellectual and Development Disabilities', *Journal of School Health*, vol. 93, no. 3, pp. 176–185, Mar. 2023, doi: 10.1111/josh.13262.
- [117] M. Butler, 'Interdisciplinary experiential learning during COVID-19: lessons learned and reflections for the future', *J Environ Stud Sci*, vol. 12, no. 2, pp. 369–377, Jun. 2022, doi: 10.1007/s13412-021-00734-w.
- [118] S. Haleemunnissa, S. Didel, M. K. Swami, K. Singh, and V. Vyas, 'Children and COVID19: Understanding impact on the growth trajectory of an evolving generation', *Child Youth Serv Rev*, vol. 120, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.childyouth.2020.105754.
- [119] J. Whitley, M. H. Beauchamp, and C. Brown, 'The impact of COVID-19 on the learning and achievement of vulnerable Canadian children and youth', 2021, doi: 10.1139/facets.
- [120] V. Parlatini *et al.*, 'Emotional and behavioral outcomes among youths with mental disorders during the first Covid lockdown and school closures in England: a large clinical population study using health care record integrated surveys', *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol*, vol. 59, no. 1, pp. 175–186, Jan. 2024, doi: 10.1007/s00127-023-02517-w.
- [121] C. S. Pawlowski, C. D. Madsen, M. Toftager, T. T. Amholt, and J. Schipperijn, 'The role of playgrounds in the development of children's fundamental movement skills: A scoping review', *PLoS One*, vol. 18, no. 12 December, Dec. 2023, doi: 10.1371/journal.pone.0294296.

- [122] V. J. Lin and N. M. Ardoin, 'Connecting technologies and nature: Impact and opportunities for digital media use in the context of at-home family environmental learning', *Journal of Environmental Education*, vol. 54, no. 1, pp. 72–83, 2023, doi: 10.1080/00958964.2022.2152411.
- [123] P. Scholle, G. Herrera, J. Sevilla, and M. Brosnan, 'A preliminary investigation assessing the basic digital capabilities of minimally verbal children on the autism spectrum with intellectual disability', *J Enabling Technol*, vol. 14, no. 2, pp. 127–135, Jul. 2020, doi: 10.1108/JET-06-2020-0025.
- [124] Chara Papoutsis, 'Digital Technologies and Empathy for Students with Special Education Needs', *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, vol. 9, no. 2, pp. 058–069, Jul. 2023, doi: 10.30574/wjaets.2023.9.2.0197.
- [125] S. McGrath *et al.*, 'Estimating the sample mean and standard deviation from commonly reported quantiles in meta-analysis', *Stat Methods Med Res*, vol. 29, no. 9, pp. 2520–2537, Sep. 2020, doi: 10.1177/0962280219889080.
- [126] B. McDonald, K. J. Lester, and D. Michelson, "“She didn’t know how to go back”: School attendance problems in the context of the COVID-19 pandemic—A multiple stakeholder qualitative study with parents and professionals', *British Journal of Educational Psychology*, vol. 93, no. 1, pp. 386–401, Mar. 2023, doi: 10.1111/bjep.12562.
- [127] R. Kindred and G. W. Bates, 'The Influence of the COVID-19 Pandemic on Social Anxiety: A Systematic Review', Feb. 01, 2023, *MDPI*. doi: 10.3390/ijerph20032362.
- [128] K. G. O. Ike, S. F. de Boer, B. Buwalda, and M. J. H. Kas, 'Social withdrawal: An initially adaptive behavior that becomes maladaptive when expressed excessively', Sep. 01, 2020, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.neubiorev.2020.06.030.

- [129] B. D. Fontana *et al.*, ‘Using zebrafish (*Danio rerio*) models to understand the critical role of social interactions in mental health and wellbeing’, Jan. 01, 2022, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.pneurobio.2021.101993.
- [130] M. Ota, M. Tamada, Y. Miki, M. Koshiba, H. Watanabe, and H. Omameuda, ‘Stress Brain and Behavior A study of childcare worker exhaustion during the COVID-19 pandemic Meisei Gakuen School for the Deaf’, 230AD. [Online]. Available: www.isbsjapan.org
- [131] R. Breaux, A. R. Cash, J. Lewis, K. M. Garcia, M. R. Dvorsky, and S. P. Becker, ‘Impacts of COVID-19 quarantine and isolation on adolescent social functioning’, Aug. 01, 2023, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.copsyc.2023.101613.
- [132] D. M. Hilty *et al.*, ‘A scoping review of social media in child, adolescents and young adults: research findings in depression, anxiety and other clinical challenges’, *BJPsych Open*, vol. 9, no. 5, Sep. 2023, doi: 10.1192/bjo.2023.523.
- [133] W. Hu, Y. Mao, K. Huang, and Y. Sun, ‘Does Internet Entertainment Reduce the Cognitive Ability of Children? Evidence from the China Education Panel Survey’, *Behavioral Sciences*, vol. 12, no. 10, Oct. 2022, doi: 10.3390/bs12100364.
- [134] Y. Bian, D. Küster, H. Liu, and E. G. Krumhuber, ‘Understanding Naturalistic Facial Expressions with Deep Learning and Multimodal Large Language Models’, Jan. 01, 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/s24010126.
- [135] R. V. yip Tso, T. K. fong Au, and J. H. wen Hsiao, ‘Non-monotonic developmental trend of holistic processing in visual expertise: the case of Chinese character recognition’, *Cogn Res Princ Implic*, vol. 7, no. 1, Dec. 2022, doi: 10.1186/s41235-022-00389-3.

- [136] T. H. Soe, ‘AI video editing tools. What editors want and how far is AI from delivering?’, Sep. 2021, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2109.07809>
- [137] Y. F. Li, S. Byrne, W. Yan, and K. B. Ewoldt, ‘Self-Monitoring Intervention for Adolescents and Adults with Autism: A Research Review’, Feb. 01, 2023, *MDPI*. doi: 10.3390/bs13020138.
- [138] A. M. Stewart, R. Gerlai, and A. V. Kalueff, ‘Developing highER-throughput zebrafish screens for in-vivo CNS drug discovery’, *Front Behav Neurosci*, vol. 9, no. FEB, Feb. 2015, doi: 10.3389/fnbeh.2015.00014.
- [139] L. Santamaria, M. J. Shuker, and S. Cherrington, ‘Cyber safety in early childhood education: scaffolding to mitigate stress Stress Brain and Behavior Cyber safety in early childhood education: scaffolding to mitigate stress’, 220AD. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/365890954>
- [140] J. R. Homberg *et al.*, ‘Improving treatment of neurodevelopmental disorders: recommendations based on preclinical studies’, *Expert Opin Drug Discov*, vol. 11, no. 1, pp. 11–25, Jan. 2016, doi: 10.1517/17460441.2016.1115834.
- [141] *Proceedings of the first annual ACM SIGMM conference on Multimedia systems*. ACM Digital Library, 2013.
- [142] Z. Cao, T. Simon, S.-E. Wei, and Y. Sheikh, ‘Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields *’. [Online]. Available: <https://youtu.be/pW6nZXeWlGM>
- [143] V. J. Lin and N. M. Ardoin, ‘Connecting technologies and nature: Impact and opportunities for digital media use in the context of at-home family environmental learning’, *Journal of Environmental Education*, vol. 54, no. 1, pp. 72–83, 2023, doi: 10.1080/00958964.2022.2152411.

- [144] Fusako Tomoto, ‘Online mutual complementary intervention for children formation of social communication at the early stage of COVID-19 pandemic.’, *Journal of Clinical and Basic Psychosomatics*.
- [145] Y. Lecun, Y. Bengio, and G. Hinton, ‘Deep learning’, *Nature*, vol. 521, no. 7553, pp. 436–444, 2015, doi: 10.1038/nature14539.
- [146] X. Li, H. Wang, H. He, J. Du, J. Chen, and J. Wu, ‘Intelligent diagnosis with Chinese electronic medical records based on convolutional neural networks’, *BMC Bioinformatics*, vol. 20, no. 1, Feb. 2019, doi: 10.1186/s12859-019-2617-8.
- [147] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, ‘You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection’, Jun. 2015, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1506.02640>
- [148] S. Rutkowski *et al.*, ‘Use of virtual reality-based training in different fields of rehabilitation: A systematic review and meta-analysis’, Nov. 01, 2020, *Foundation for Rehabilitation Information*. doi: 10.2340/16501977-2755.

利益相反 COI

本著者は、本研究に関わり利益相反に関する開示すべき関連事項はありません。

倫理に関わる考慮

本著者は、山口大学・人一般研究審査委員会で審議され承認された内容の遵守を行いました。

付録

ディープラーニング (Deep Learning) [145]z

深層学習と呼ばれ、1950 年代からすでに研究が始まっていた歴史の長い技術である。

「ニューラルネットワーク」という人間の脳の神経回路の仕組みを複数の層構造と相互ネットワークの重みを模したアルゴリズムである。Deep Learning の大きな特徴は、多段に重ねることによって抽象的なデータの表現を獲得することができる点で、真の人工知能への第一歩であると考えられる。従来よりも脳のメカニズムを正確に模した最新のニューラルネットワーク技術のことを指す言葉で生成 AI の予測精度向上を実現するなど、画像処理の他、音声、自然言語処理などの時系列変化、複雑情報系の分析や推定を実現した。

コンボリューション層 (畳み込み層) とプーリング層: [146]

主に画像処理に使用される。

コンボリューション層は画像の特徴を抽出し、プーリング層は特徴マップのサイズを縮小して計算量を削減し、過学習を防ぐ。

ディープラーニングの応用例

画像認識:

画像分類、物体検出、顔認識など。

Convolutional Neural Networks (CNNs) がよく使われる。

自然言語処理: <https://aclanthology.org/P19-1441.pdf>

テキスト分類、機械翻訳、音声認識、チャットボットなど。

Recurrent Neural Networks (RNNs) や Transformer モデル (例: BERT、GPT) が使われる。

ディープラーニングの利点と課題

【利点】

自動特徴抽出: 人手による特徴設計が不要。

高精度: 大量のデータがある場合に非常に高い精度を達成可能。

【課題】

大量のデータと計算資源が必要。

ブラックボックス化: モデルの内部構造が複雑で解釈が難しい。

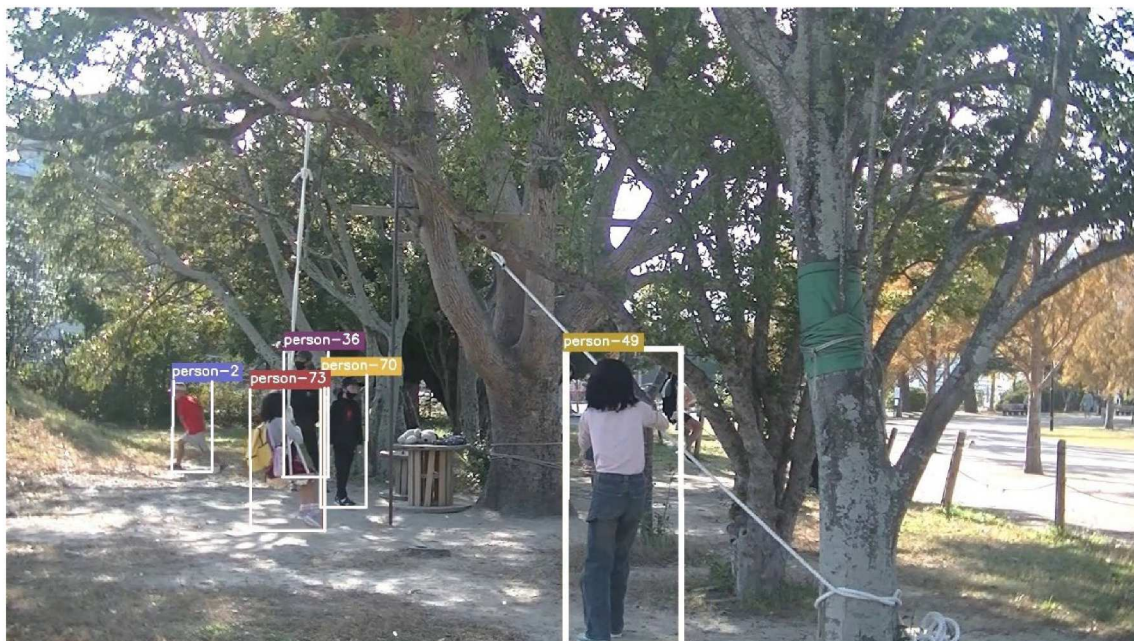
過学習のリスク：学習データに過度に適合し、新しいデータに対する汎化性能が低下する。

ディープラーニングは、これらの利点と課題を持ちながらも、さまざまな分野で大きな成果を上げ続けている技術である。

YOLO [147]

YOLO (You Look Only Once) は、ディープラーニングに基づいた物体認識モデルの 1 つ。物体を検知したい画像を正方形にリサイズした後、さらに細かく正方形で分割することにより、計算量コストを下げ分析が容易になるとされている。1) あらかじめ正解の情報を与えた教師データから正解となる矩形(Box)の中心座標、幅、高さの情報から重みデータを作成する。その重みデータを使用して検知する画像から色情報などの特徴量から矩形を抽出するアルゴリズムである。検知される際、検知された部分が赤枠で囲まれ、その上部にどの物体が検知されたかという情報とその確信度が、統計情報量として表示され、推定値 Confidence と称される。

本研究で活用した YOLO の拡張機能である DeepSORT は、YOLO が識別した対象画像を取り囲むボックス内の画像を Deeplearning でさらに学習し同一人物や物体の動きを追尾できるように開発された計算方法である。



AR (Augmented Realty) https://doi.org/10.1007/0-387-30038-4_10

現実空間における景色、地形、感覚などの物理量を識別し、コンピュータによる情報処理を使って、同物理量と同期することができる情報を、さらに仮想空間上で加えるバーチャル技術。ロケーションベース AR とビジョンベース AR の 2 種類がある。

- ・ロケーションベース AR：位置情報をもとに AR を表示させる技術。
- ・ビジョンベース AR：デバイスのカメラがとらえた画像情報から画像や映像を付加させる技術。

VR (Virtual Reality) [148]

仮想現実などと訳され、VR ゴーグルを装着することにより、実空間認知に近い視覚情報の再現を認知体験ができ、あたかも現実であるように感じられるもの。実際の外部の景色は見えないことが多いが、仮想現実空間にリアルタイムの現実情報を AR 技術として重ねる技術も開発されており、新しい人類の知覚・認知機能の獲得・進化を促す技術を期待され、例えば困難なリハビリテーションへの応用に有効性が知られるようになった。



謝辞

本論文の作成にあたり、多くの方々にご指導ご鞭撻を賜りました。

山口大学大学院創成科学研究科小柴満美子准教授には終始適切なご指導を賜りました。
ここに深謝の意を表します。

また、同科大木順司教授 藤井文武教授 古賀毅教授 森田実准教授には本論文の作成
のあたり、副査として適切なご助言を賜りました。ここに感謝の意を表します。