

博士論文

子どもの社会相互作用を促す地域の遊び場環境を活かした
水流遊具の開発と機能分析

(Temporary Waterslide Designs Adapted to Regional
Conditions to Encourage Child Socialization in Playgrounds)

2023年3月

HUA ZHUDI

山口大学大学院創成科学研究科

概要

都市化の進展により、子どもたちが屋外の自然環境を探索する機会が減少している。特に、少子化や核家族化の進展もあり、日本の子どもたちは多様な社会構造を体験的に学ぶ機会を失っている。日本の文部科学省は、因果関係は証明されていないものの、発達障害やそれに伴う社会的障害を持つ小学生が増加していることを報告しており、育成環境の変化と何らかの関わりが有る可能性がある。さらに、経済協力開発機構（OECD）の調査では、幼少期にスマートフォンに触れさせない家庭が多いにもかかわらず、日本の中学生の子どもは他国の子どもよりもソーシャルメディアとの接触頻度が高いことが判明している。一方で、親が教育熱心なため、子どもたちはリスクの高い外遊びをしなくなり、大人が目が行き届く室内で過ごすことが多くなったという傾向がある。しかし、多様で未知や潜在的な脅威に満ちている家の外は、子どもたちが自ら課題を見つけ、仲間と協力して困難を乗り越えることを学びながら成長できる、最高の教育環境であることが多いことが、広く教育者の共有するコンセンサスとなっている。

そこで、子どもたちが遊びを通して自発的に自然を体験し、友だちや他の人と社会的に交流し、課題を共有する機会を提供するために、外遊びを奨励するプレーパーク・イベントの開催を試みた。プレーパークとは、都市部の公園内

で、イベント時だけの特別な設定として、木登りや自然素材を使った遊具づくり、火おこしや火の管理など、子どもたちがさまざまな野外活動を体験できるしくみを提供する。2018年から2019年にかけて山口県宇部市で行われたプレーパークづくりの協働プロジェクトでは、市民が主体的に子どもたちの自然体験の場をつくる方法の探索を目的として (i)子どもたちが自発的に集まることで社会的な交流を促進すること、(ii)空、土、水、木などの自然資源を活用し、創造的な機会に満ちた環境をつくり、廃段ボールによる環境美化を行うこと、という2つの目標を設定した。夏から秋にかけて、4つの都市部の街区公園で地域資源を活かしたウォータースライダーをそれぞれ異なるデザインで設置したところ、多くの子どもたちが同期的に遊び、本能的な水遊びの嗜好性を認めることができた。本遊具は、本学と各地域の市民が協働して作り上げた異世代・異文化の多様性が成せる創造であり、あらゆる子どもが開放的に相互作用することができるインクルーシブな空間となった。2019年に3回の開催後、4回目の2021年の開催は、新型コロナウイルス感染拡大の不安定な社会状態により、子どもどうしのソーシャル・コミュニケーションが大きく阻害された時期を経て実施することとなった。これらの4つのウォータースライダーの利用状況を比較するために、各イベントで最も多くの子どもが活発に運動した1分間を対象に、1秒毎の重心を半自動半目視で追跡する動画分析に基づく行動量分析を行ったところ、2021年の子どもたちの運動速度が際立って大きいことがわかり、子どもたちがウォータースライダーと互いにどのように相互作用したかについて、定量的に評価を行うことができた。原因として、新型コロナウイルス感染

問題からの開放や、4つのウォータースライダーのデザインの異なり、公園や学校などの環境背景の異なり、世代、などの要素が考えられた。

以上の前半を構成する子どもと社会・遊び場環境に関わる研究知見により意義を見出した、複数の子どもの行動定量分析について、昨今、台頭する動画分析における自動詳細化を目指した深層学習計算術に基づくアプリケーション開発への探索を、本論文の後半に報告する。畳み込みニューラルネットワーク CNN (Convolutional Neural Network) を活用した YOLO (You Only Look Once) の物体認識アルゴリズムにより、人を検知し最大縦横幅の外枠とその中心座標を求めることができる。画像の大量計算を支援する GPU を必要とする深層学習であるが、高額かつ入手困難な傾向がある。これを不要とする Google が無料で利用を許可しているクラウド内の計算媒体 Colaboratory を活用し、前半で紹介したプレーパークの記録動画を対象として、子どもの運動の定量識別法の構築と、識別率能力の評価を行った。深層学習を施す前の初期学習状態において、遊びを介した子ども同士の社会形成をウォータースライダーと同様に想定し、その効果を予め認めたヤグラを対象に分析を進めたところ、ヤグラの格子状の構造物と子どもとの重なりは、自動識別率を大きく低下させることが判明した。そこで、ヤグラで遊ぶ子どもの画像を深層学習術によりトレーニングを施し、新たなヤグラで遊ぶ子どもの画像の識別を試みたところ、認識エラーが消失するまでには至らないものの、低下することを認めることができた。但し、その計算量の多さから、長時間の計算の上に、PC の容量不足でしばしば作動が

停止し、初期からの計算を繰り返す莫大な負荷への対処も今後の課題であることが判明した。

我々の先行研究により、心身機能を制御する複雑な脳の発達の定量分析には、行動信号の寄与が極めて高く、その分析術の更なる向上が重視される。発達期に屋外の自然と社会環境において遊ぶことで互いに成育を促す子どもの学びの定量評価技術とこれに伴う支援環境技術の開発は、デジタル技術が促進する環境で加速する屋内個別滞在での学習不全リスクに警鐘を鳴らし、熟慮に基づくデジタル技術によって改善を導くことができる可能性がある。発達期に屋外の自然と社会環境において遊ぶことで互いに成育を促す子どもの学びの定量評価技術とこれに伴う支援環境技術の開発は、デジタル技術が促進する環境で加速する屋内個別滞在での学習不全リスクに警鐘を鳴らし、熟慮に基づくデジタル技術によって改善を導くことができる可能性があることを、本書で提言した。

目次

概 要

第 1 章 包括緒言

1.1 人類の進化：地球環境との相互作用による発達と支援 AI で繋ぐ	1
1.2 成育環境・教育システムにおける現代の課題	2
1.3 日本と中国の児童・生徒の特別教育支援を要する割合	3
1.4 段階的な成育支援環境の提案と検証、および、支援 AI 検証	5

第 2 章 地域の遊び場環境を活かした子どもの社会相互作用を促す

水流遊具の開発と機能分析

2.1 緒言	11
2.2 方法	
2.2.1 倫理配慮・目標	12
2.2.2 公園の景観と資源	14
2.2.3 公園の地形や資源の現地調査	16
2.2.4 既存地形に基づくウォータースライダーの設計・製作	22
2.2.5 プレーパークにおける安全性配慮	27
2.2.6 材料 及び 組み立て（材料一覧表）	29
2.2.7 定性的な観察および定量的な分析	31
2.3 結果	35

2.4	考察	42
2.5	結言	46
第3章 動画 AI 活用に基づく子どもの遊び行動の		
定量評価法の確立		
3.1	緒言	
3.1.1	前章の振り返り	48
3.1.2	分析手法の選択に係わる背景	49
3.1.3	YOLO の先行研究に対する本研究の特徴課題	50
3.1.4	目的	52
3.2	方法	
3.2.1	トレーニングデータ画像の切り出し	53
3.2.2	トレーニングデータ画像のモザイク処理	55
3.2.3	トレーニングデータ画像のラベル付け	57
3.2.4	オンライン・トレーニング環境の整備	64
3.2.5	オンライン・トレーニングの実行と識別	68
3.3	結果	
3.3.1	トレーニング結果	79
3.3.2	標的領域トレーニング識別と比較	80
3.3.3	結果識別例	83
3.4	考察	86

3.4.1 トトレーニング・データのサンプル数が少ない解析	86
3.4.2 ぼやけた画像の位置決め問題	86
3.4.3 前景と背景のクラスの不均衡	87
3.4.4 計算能力の必要性	88
3.4.5 定性的方法と定量的方法のバランス	88
3.4.6 問題点と改善点	89
3.5 結言	91
第4章 全体考察	92
第5章 全体結言	96
謝 辞	99
参考文献	100

第1章 包括緒言

1.1 人類の進化：地球環境との相互作用による発達と

支援 AI で繋ぐ

地球に繁栄し、増え続ける人類は、多くの情報を収集し、その情報を活用する術を拡張発展させることで、人類の生活環境を劇的に変化させ続けている。人類が活用するものや情報の殆どは地球上に存在するものであり、宇宙・太陽からの影響を受けながら[s1]、環境に備わって、人類のように時を経るごとに変化を続けるものがある。人類は、変化し続ける人類や生きもの、もの、その周囲の環境から、これらの情報を集めることで、ものや情報の過去から現在への変化を説明し得る法則を予測し、活用することができるようになった、特異的な生物種である [s02]。その説明の意義や、検証を行い、ものや情報の時を経て変わる変化を制御することができるようになり、価値創造を実施することができるようになった、地球の歴史上、はじめて現れた生物の可能性がある。ものや情報の変化を分析し見えない状態を予測し現在の活動に有効活用すると共に、未来の予測に活用することができるようになり[s03]、例えば天気や株価、市場取引動向等、現代社会で一般生活や国際経済・社会の変化に大きな影響力を与えるようになった。この、ものと情報を活用する術は、科学と称されるものであると考える。近代は国際的に、この、過去・現在のものや情報を

収集し、分析することで、意義や価値を見出し、互いに共有し、これらを生活に役立てる科学技術の発展に伴い、人間の社会環境が年々、劇的に変化を続けてきた[s04]。また、ついに、価値判断や創造の指令中枢である人間の脳を代替する人工知能 AI が劇的に発展すると共に、生活に溶け込み応用される時代となってきた[s05]。高次な認知・思考機能を要するチェスの達人を打ち負かした AI から、心理検査やメンタルケアの応用にも展開されるようになり、例えば自閉症症状の問題状況からの改善など、その展開枠は年々、劇的な広がりを見せている[s06]。よりよく生きる感性の課題に寄与する新 AI 技術の探索が始まり、思いやりのある、公正で倫理的な行動をとることを導く AI、人間の感情を識別し、影響を与えたり、情報に基づいた意思決定を行う人に寄り添い支援する技術が生まれている[s07]。

1.2 成育環境・教育システムにおける現代の課題

人間や動物は、環境適応能力が神経機能に備わり、変化に合わせた適応の結果、地球上で住まうところに繰り返される変化への応答機能が自律的に調整され、やがて遺伝子変異へと影響し刻まれ進化が起こる。かつては、地球上の大きな環境変化が短期的な変化とは異なり長期的にはゆっくりと進むなかで、人間や生物の適応も低速に進んで来たと考えられる。ところが、地球の多様な自然の環境から遠ざかる方向に近代化・都市化が進む現代において、生物種を超えた都市化の影響について、検証報告が続いている[s08, s09]。近年の変

化速度は古来に比べて激しく、変化の速い環境に生まれたこどもは、その環境がとる変化後の状態や、激しく変化すること自体に適応し、当たり前になり、ひとたび調整に至った状態になると、これを維持しようとする機能も備わり、「順応」という言葉の定義で説明できるのかもしれない。現代社会で着実に自閉症 ASD や注意欠陥多動性障害 ADHD などの発達障害の症例数が増加する子どもたちの背景状態に反映されている可能性を仮説してみると、劇的に変化することが当たり前になって来た環境で発達する次世代は、先代の情報処理とその適応機能が異なっていることが予想される [s10]。国際的に各国の優先度の高い解決対象課題である難治性発達障害のこれらの症状は、複数の原因遺伝子の係わりが予測される一方、発達環境との相互作用を含めて器質性病因と考えられている [s11]。なお、多様な原因遺伝子探索研究で示唆されて来た生得的病因に由来する発達障害という疾患としての定義のみならず [s12]、生後の環境における学習の影響を強く受けることが示唆されており [s13]、遺伝と環境の相互作用過程の考慮を要すると考えられている [s14]。この考慮因子の一環として関連脳領域について参照すると、危険や不安情動を伴う行動に係わる、前頭前野、扁桃核、腹側線条体などドーパミン神経支配を含む皮質辺縁系回路が挙げられる。これらの領域は、注意、意思決定、感情調節、行動抑制、将来の行動の結果を予測する能力の中枢を司る [s15]。発達障がいの特徴に含まれる、注意散漫、意思決定しにくい、感情調節ができない、行動抑制の不能、将来の行動の結果を予測する能力が低い、変化への適応が弱い、という点が同領域群の係わりを裏付ける [s13]。

1.3 日本と中国の児童・生徒の特別教育支援を要する割合

発達障害に係わる児童の割合は、通常学級において約1割程度にもなった日本においては、有症状の児童のみならず、これらの子どもの中に、一部分は何らかの社会的影響が作用している可能性がある。令和4年12月に文部科学省が公表した「通常の学級に在籍する特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査」では、「知的発達に遅れはないものの学習面又は行動面で著しい困難を示す」とされた児童生徒（小学校・中学校）が推定値8.8%もいることが報告された[s16]。10年ごとに行われている以前の調査では、平成14年で、6.3%、および、平成24年で6.5%を示し、単純比較を行うことはできないが、以前の調査後に対処されて来た特別支援学級や、通級による指導の効果があつたとしても、発達に問題を有す子どもが増加していることが示唆された[s17]。

筆者の出身国である中華人民共和国では、発達障害者の権利保障と支援について、自閉症を含む障害者の権利保障にかかわる障害者保障法が2008年に改正され、全障害者への権利保障、インクルーシブ教育[s18]、その具体的な教育形態として随伴就読（障害のある児童生徒を通常学校の通常学級に通学させ、教育を受けさせる特殊教育の一形態）の充実がはかられている[s19]（本研究における発達障がい の定義：社会不適応の全般。また特殊教育とは、知的発達に遅れはないものの、学習面又は行動面で著しい困難を示す生徒への、特別な教育支援）。随伴就独を受ける全国の児童・生徒に対する割合は筆者調査

の現時点においては不明だが、2012年に両国の障害者率を比較した他の文献[s19]においては、日本の1.5～数倍の割合が中国の値となっている。

以上の通常学級の同様例でも示す通り、両国共に、次世代を担うべき子どもにおける発達のしにくさを感じる割合が現在、増加傾向にある可能性がある。通級支援を受けていない子どもも含めて、成育支援環境や教育システムにおける深刻な課題が国際的に共通に暗示されていると考えられる。喫緊の政策的課題として長年、調査と対処に官学尽力を続けているにも関わらず、その支援法整備などの対処は十分でなく[s19] [s20]、中国における障害児の義務教育は法律により保障されているが、実質的には軽度の障害児童にのみ教育対象が限定され、法整備に課題がある。特殊支援教育機関が全体に不足し、地域差もあるため、すべての障害児童の就学は困難であり、通常小学校で「随班就読」にしか行き場所がないのが現状である。両国とも早急な解決提案を要する本研究の課題背景であることを踏まえた[s21]。

1.4 段階的な成育支援環境の提案と検証、および、

支援 AI 検証

そこで、以上の背景課題の解決に向けた本学位論文研究における具体的な対象課題を選定するにあたり、この本質的な人類の次世代の成育に重要かつ機能し補完すべき成育支援対象要素を探索するための社会フィールドにおける予備的調査を行った。その基盤背景は、聖徳大学大学院前期課程・児童教育学

専攻で学んだ教育システム開発における実践検証の経験にあり、子どもの社会心理を対象にする定量的および定性的分析手法として同領域にて深慮すべき選択点とその理由を、3章の緒言 3.1.2 に詳しく述べる。その主要な手法と理由は、子どもの心理分析における専門を備えた研究者による参与観察と文章表現を伴う質問紙、その再現性を補完する統計分析、さらに、携帯センサーやビデオによる行動定量として後述する。本教育研究開発においては、机上の検証以前に教育対象者の子どもや保護者、教育者の参加を必須とする。そこでまず、日本国内における教育研究者や領域の境界を越え縦横断的に成育環境を手掛ける実践的研究者が主要に集うこども環境学会などを中心に、2018年後期より研究の事前準備として初め、子ども環境領域の専門研究者によるアドバイスを頂いた。本研究目標候補となる焦点を当てるべき何らかの課題が予測される成育環境要素として、近年の科学発展に伴い省力化が進んだ可能性のある、①屋外の自然環境（本研究における自然は都市部の中で、人工物に囲まれた公園や、緑地を指す、都市部の人に適応しやすい自然とする）と、①の環境抑制により生じた可能性のある②社会環境における学びの機会の減少、に警鐘を鳴らす実践家との情報交換が活発に進んだ。同課題の解決実践例として、こども環境学会理事長の仙田満氏は、半世紀に及び大規模な教育・芸術・スポーツ（広島球場等は本中国地方における代表作品）等公共施設を専門とする先行建築家で、本研究実施が叶うきっかけとなった宇部市事業を支援した。同事業の説明として、既存の教育機関に外部からの介入と検証は極めて困難な対象であるが、非教育機関の自治会等が自主的に企画運営することができる①②の補完に務める

方策の一つ、街区公園などで一時的にこどもの自由で自主的、協創的活動を促す、日本語では「プレーパーク」と称される仕組みが国内外の都市部(アイルランド、オーストラリア、英国、カナダ、オランダ、スペイン、ドイツ、中国成都など)でも一定の支持を得る[s22]。宇部市の同事業を本学ものづくり創成センターで主催する機会が得られた。現在の教育環境に失われた子どもたちに自ら危険を察知し適応的に困難を乗り越える練習の場を、改めて提供するために、プレーパークを挑戦的に企画運営することの意義は高いが、その実施は容易ではない[s23]。近年の街区公園は滑り台やブランコなどの一般的な大型遊具は、国が制定する安全基準を満たす厳格性の向上と管理で利用制限に固められ、ブランコや滑り台、鉄棒が残る公園はあるが、ジャングルジムなど嘗ては存在していた複数種の遊具が姿を消した。自転車やボール遊び、火遊び、木に登ることなど、公園でなければ許可されなかったことが公園ですら禁止されるようになったのである。これに対し、小児期にこそ多様なリスクに触れ、痛みを反動に自らの適応すべき行動戦略を探索し選択することができる生涯機能を培うために、意欲促進と実行の環境が必須であるが、現代社会はこの減少が顕著である[s24]。子どもが積極的な意欲を自らに育むためには、危険に立ち向かい、新しい未知な領域への冒険に挑戦する意識を涵養することの重要性を唱える教育研究報告が後を絶たない [s25] [s26]。大人の安心安全の価値基準でリスクを回避し統制された環境に成育する子どもが、高感受性期学習期に子ども同士や親子の多様な社会や、物理的な危険を経験し、課題を乗り越え意思決定の手がかりとなる自らの価値基準を構築する学びの機会を失ってしまっている

可能性がある[s27][s28]。また、社会の効率化に伴う個人のカテゴリーの識別が結果的に個人の自由で柔軟な選択性を阻み、多様性・ダイバーシティへの再考が唱えられているが、どのようなひとにも、自らの責任で安全かつ機能的に準備と実施と片付けを行うこと、インクルーシブで利用者の相乗的創造性、社会コミュニケーションに貢献する考えを共有し、一般的な制約を一時的に取り払った仕組みがプレーパークである[s29]。地域市民、大学生がこどもたちを中心に繋がり協力し、自らの手でつくり、準備し片付ける。お金を出して注文し依頼し完成度を高める選択ではなく、不完全で危ないハイリスク性に溢れるプレーパークが逆説的に求められる。しかし、このハイリスク性の社会的理解は容易ではない。一般的な成育環境における安全マネジメントで危険排除の文化を主流とするなかで、小児期の自立創造の学びを促す環境づくりは相反する方向性となるため、実社会で広める調整において、リスク回避とハイリスク性、そのどちらも適材適所適時に選択できるためにはエビデンスベースとなる定量的状態可視化が求められると考える。一方、前述にも引用文献を示したプレーパークの意義を唱える先行研究の大多数は、近年の信号処理のブレークスルー技術である深層学習などの人工知能 AI 技術を教育の現場への分析の活用の報告はほとんどみられない。それどころか、日本や海外の保育・幼児教育領域において、デジタル活用への教育効果へのネガティブな影響に関する報告は根強く続いているが[s30][s31]、日本の義務教育におけるデジタル教材活用率に関しては、経済協力開発機構 OECD 諸国で直近の PISA 調査において最下位という現況であり、日本の教育文化の保守が浮き彫りとなった[s32]。とはいえ、技

術応用の進化速度は高いと予測される一方[s33][s34]、社会実践フィールド研究における困難な理由として、教育文化社会への聖域化された介入の難しさがあげられる。古来から、未熟な早齢小児への教育という定義はあいまいで、近年まで保育、という言葉で纏められ、特に日本では未だに教育管轄省である文部科学省の対象領域ともされておらず、医療・福祉の管轄省である厚生労働省が担当機関となっていることから、教育範疇とみされていないかのようである。次世代を支える教育は、時代の変遷を先読みし切り開いたり適応したりする能力の育成を課題とするが、前述の OECD による調査では、義務教育最終年齢の生徒の比較において、日本が最も「困難を自身で克服する解決ができる」と答えた人の割合が最小[s32]、すなわち、自己肯定感が低いことが示され、生涯影響を与える可能性がある[s35]。このような教育課題への取り組みに対して、その介入は困難のため、商業産業開発上での対象とする制約は極めて大きい[s36]ことから、残された未開拓領域である可能性が高い。

以上の背景を踏まえ、第一章において本研究の最も困難なブレークスルーとなる段階として、複数箇所の多数のこどもたちと保護者、支援者、自治会、官民関係者の協力のもとに、社会実践・検証を行った自然と技術を融合する教育介入術開発および検証研究を設定する。一章において、子ども同士が自らの意志で参集し、リスクを乗り越えて遊ぶ行動の創発を繰り返し認めた協働開発遊具を対象に、利用継続状況を追跡した。年月日を超えた市民からの要望に基づき実施することができ、その介入術デザインの利用状態から推定する感性検証評価を得たことを報告する。さらに、一章では到達することなく課題と

なった、人の行動定量客観的分析の柱となる画像人工知能 AI の活用に基づく応用を目指して、第二章でその端緒的開発試行と識別率評価を行った。こどもの機械識別と人数定量の信頼度を評価し、また、同技術の将来応用する可能性について論じながら、今後に発達診断術や支援介入術開発展開を予定する基盤技術の確立を行った。本博士論文では、全体考察および全体結言を最終章に加えて本報告を行うものとする。

第2章 地域の遊び場環境を活かした子どもの 社会相互作用を促す水流遊具の 開発と機能分析.

2.1 緒言

都市化に伴い、現代の子どもたちは屋外の自然環境を探索する機会を失っている。特に、少子化や核家族化の進行もあり、日本の子どもたちは多様な社会構造を体験的に学ぶ機会を失いつつある。文部科学省は、因果関係は証明されていないものの、器質性病因を伴う発達障害[1]や何らかの社会的な障害を持つ小学生が増加していることを報告している[2, 3]。さらに、経済協力開発機構（OECD）の調査では、幼少期にスマートフォンに触れさせない家庭が多いにもかかわらず、日本の中学生の子どもは他国の子どもよりもソーシャルメディアとの接触頻度が高いことが判明している[4]。親が教育熱が向上傾向にあり、子どもはリスクの高い外遊びをしなくなり、大人の目が行き届く室内で過ごすことが多くなっている[5]。しかし、家庭や学校の外は、多様で未知のものや潜在的な脅威に満ちており、子どもたちが自ら課題を見つけ、仲間と協力して困難を乗り越えることを学びながら成長できる、最高の教育環境であることが多い[6]。

この有用な環境、屋外での遊びを奨励するため、子どもたちが遊びを通して自然を体験し、社会的に交流し、遊びの時の課題（例えば木を安全に登る方法や、小さなけがした後の対応など）を共有する機会を提供するプレーパークのイベントを開催した[7]。プレーパークとは包括緒言で前述の通り、都市公

園内の特別なエリアとして、木登りや自然素材を使った想像力生かす、協力性が求める遊具づくり、火おこしや火の管理など、子どもたちがさまざまな野外活動を体験できる場所である[8]。2018年から2019年にかけて山口県宇部市で行われたプレーパークづくりの協働プロジェクトでは、市民が主体的に子どもたちの自然体験の場をつくる方法を探った。特に、包括緒言で前述したように、現代のこどもの成育社会環境において減弱要素と仮説し着目している以下の目標を設定した。(i)子どもたち同士が自らのなかに創発する意欲に基づき自発的に集まることで社会的な相互作用やコミュニケーションを促進すること、(ii)空、土、水、木[9, 10]などの自然資源を活用し、創造的な機会に満ちた環境(たくさんの素材や大学生ボランティア、地域の人)を作り、廃段ボール等のリサイクル資源を活用することを優先する。夏から秋にかけて、都市部の4つの異なる街で開催予定を立て、地域の親子市民に広く呼び掛けた。中でも、多くの子どもたちが本能的に水遊びに集まる共通な嗜好性を認め、地域資源を活かしたウォータースライダーを各公園に1台ずつ地形等を活かして設計・制作を行い、ウォータースライダーを含むてづくり遊具の機能検証を試みた。本章第1章では、この山口大学と市民が協働して作り上げた宇部市2019年度協働事業「プレイリーダー養成講座」の成果を報告する。2019年中に3回の開催が終了した。4回目は2021年、COVID-19が子どもが平常時には行うことができた社会活動を阻害している時期に実施した。表1にプレーパークイベントの開催日時、“時間”(期間)、“最大時間”(定量分析対象の「最も活発な1分間」)を示す。結果の最終には、4つのウォータースライダーのデザインとその実装、

および、利用した子どもたちがウォータースライダー上で互いにどのように相互作用したかを定量的に描出評価した結果を紹介する。

2.2 方法

2.2.1 倫理配慮・目標

この研究は、すべての人類の成育を促すすべての人類のウェルビーイングに資することを全体目標として掲げる。いかなる協力者にも配慮を最大限の努力をもって進めるものとし、そのプロトコルは、山口大学人一般審査委員会により審議され承認された。この研究全体を通して、同承認内容を遵守した。

このプロトコルで使用されたすべての材料、機器、ソフトウェアの一覧は、この配慮に基づき吟味し選択し用意した（「材料一覧」を参照）。子どもたちとその保護者が集まり、子どもたちの創造性を刺激するような環境の中で、プレーパークを試行錯誤の下に市民・参加者と共に作り、使い、そして片付けるという、一連の自発的な共同作業を予定し、実施した。実施日時と場所について広報し、自由に参加者が集い利用した。

2.2.2 公園の景観と資源

山口県宇部市役所及び市民の協力の下に、表1の4つの公園でプレーパークを計画・実施した。公園は、その維持管理を主体的に行う市民活動と我々の活動への寛容な招致を確認できる場所となり、いずれも宇部市の住宅密集地エリア内に含まれた。上宇部小学校では、自治会の協力の下に実施の運びとなった。表1に、実施対象となった4つの公園および学校の名称、日時、プレーパーク全体の実施時間、計測対象とした最大人数を認めた時間情報を示す。

表1 実施公園、日時、継続時間等 情報

公園と学校	時間	継続時間	最大人数時間	斜面(m ²)	角度(°)	長さ(m)
黒石公園	2019/6/16	13:00-16:00	14:21:30-14:22:30	3.2	25.0	1.8
琴崎公園	2019/8/31	13:00-16:00	13:43:00-13:44:00	12.0	30.0	6.0
際波公園	2019/9/28	12:00-16:00	12:49:00-12:50:00	8.0	21.0	4.0
上宇部小学校	2021/8/8	13:00-18:00	17:14:00-17:15:00	5.4	27.0	6.0

表1は、本研究対象となった4つの地域公園ごとについて、実施公園、日時、継続時間、さらには、各地形を活かした設計基盤となる斜面情報、をまとめている。

2.2.3 公園の地形や資源を現地調査

各公園の地形や資源を現地調査し、その地域で採取できる資源をできるだけ活用したウォータースライダーを、各公園に適用し設計・設置し開発した。可能な限りウォータースライダーを、視界がよく開けた場所に設置し、公園への訪問者があらゆる方向から見るようにすることで、来園者を誘致する設置デザインを目標とした。図1から図4までは、各公園のGoogleマップが提供する航空写真で、ウォータースライダーを赤色で位置を表示すると共に、東西南北方向を示した。いずれの場所でも既存の他の遊具などが無い、元来は特筆すべき機能を有さない場所に、本特設遊具を一時的に設けた。



図1 黒石公園 Google マップ航空写真

黒石公園の全体の鳥瞰地形を示す。公園境界の寸法、方角、公園内の遊具や、水源となるトイレなどの設置物と、ウォータースライダーとの相対配置を事前にデザインの上、現地設置を行った。本公園の平坦な地形に合わせて単管と竹柱やベニヤ板により高低差を創出した。



図2 琴崎公園 Google マップ航空写真

琴崎公園は琴崎神社の境内の続きにあり、四方を林に囲まれた、長方形の底部をもつ、すり鉢状の低い場所に広がる公園で、北側にある保育園の遊び場となっている。神社で開催されるイベント時に駐車場として利用されており、本写真はその様子が撮影されていたが、プレーパーク開催時では、本公園境界の外の駐車場のみ使われ、公園境界内に車はなかった。デザインは琴崎公園が有す斜面地形に合わせてウォータースライダーを設置した。入口や駐車場からアクセスしやすく、水源からホースが届く範囲内とした。滑りおりたら繰り返し登ることを可能にする側道が併存できる配置を考えた。



図3 際波台公園 Google マップ航空写真

際波台公園は、高台に存し民家に囲まれた典型的な住宅地にある街区公園で、南側から北側に下がる中央斜面を有す二つの平地が二段構成をとるため、同中央斜面を活かした高低差に加え、さらなる傾斜角度を単管と板により増強し、ウォータースライダーをデザイン・設置した。地域自治会が子どもの遊び場づくりを活発に推進する地域である。



図4 上宇部小学校 Google マップ航空写真

上宇部小学校校舎裏に広がるグラウンドに校舎側から降りる階段を活用してウォータースライダーを設置した。自治会のこども集会イベントで市民と共に、主に段ボールや木材などの廃材を活用した制作を行った。デザインはプール部を持たず最下部地面で放水となるオープン構造をとり、スライダー斜面の両側に階段を備える構造のため最上位に戻る容易である。学校の入り口から来た訪問者がアクセスしやすく、水源も届く範囲内である。

既存の地形を簡易に測量調査し（図5）、存在する斜面の地形を活用して、ウォーターライダーを設計・製作した。事前に地形再構成デザイン図を作成した。

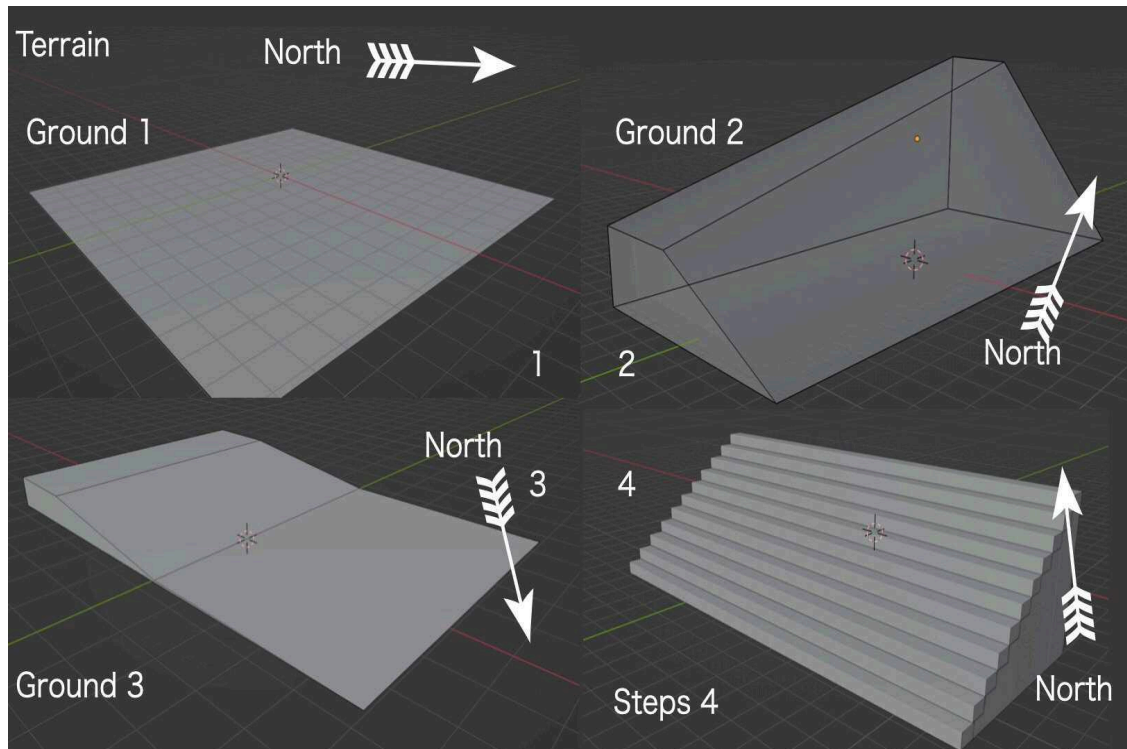


図5 設置を予定する場所の地形図

四つの設定地の斜面地形とその特徴を3次元イメージソフトBlenderによりモデル化して再現した、元地形を示している。

2.2.4 既存地形に基づくウォータースライダーの

設計・製作

各実施公園に設置したウォータースライダーの傾斜と長さは表1の通りである。各公園の既存斜面に適応させたほか、各プレーパークにおいて周囲で採取できる竹材などの材料を活かすなどの地域要素を取り入れ設計を行った。設計寸法は単管など規制の補助材や運搬トラック搭載可能長などに制約を受けた。

図6は、第一会場のウォータースライダーの施工図である。同公園は平地であり、傾斜面を利用することができなかつたので、傾斜面作成を構造物により準備し、底部にプールを作る構造を設計した。複雑な構造も短時間で安全に設置する必要があるため、足場パイプとクランプを使用して、強度を保ちながら仮設の構造物を簡単に組み立てられるように、タワー構造を設計した。長さ3mの竹の棒でウォータースライドのプール部分のフレームを作る。ウォータースライダーの角度は25、長さは1.8mで、底にプールがあることを確認する。

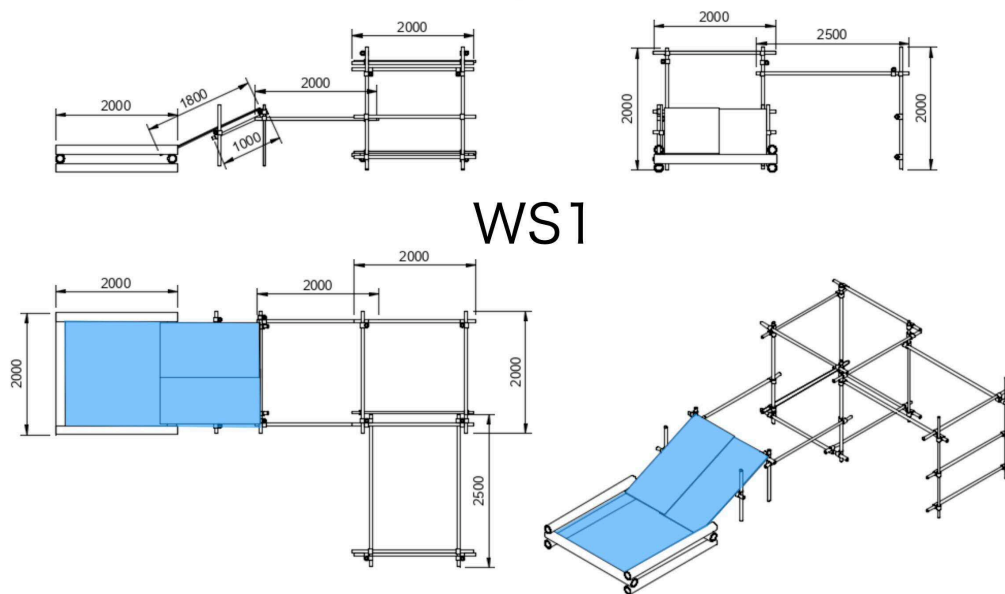


図6 黒石公園施工図

ヤグラとウォータースライダーの側方向の補強を兼ねて、鳥瞰時にL字構造をとる設計を行った。

次に、夏休みの終わりに実施した琴崎公園におけるプレーパーク開催時のウォータースライダーの施工図を図7に示す。丘陵地の公園にウォータースライダーを作るには、周囲をすり鉢状に囲む自然斜面を利用する設計を選択した。図5と同様に、地域の資源を利用して、竹の棒と合板でプール部分のフレームを構築した。ウォータースライダーの角度は30度、長さは6m、底にプールがあることを確認した。

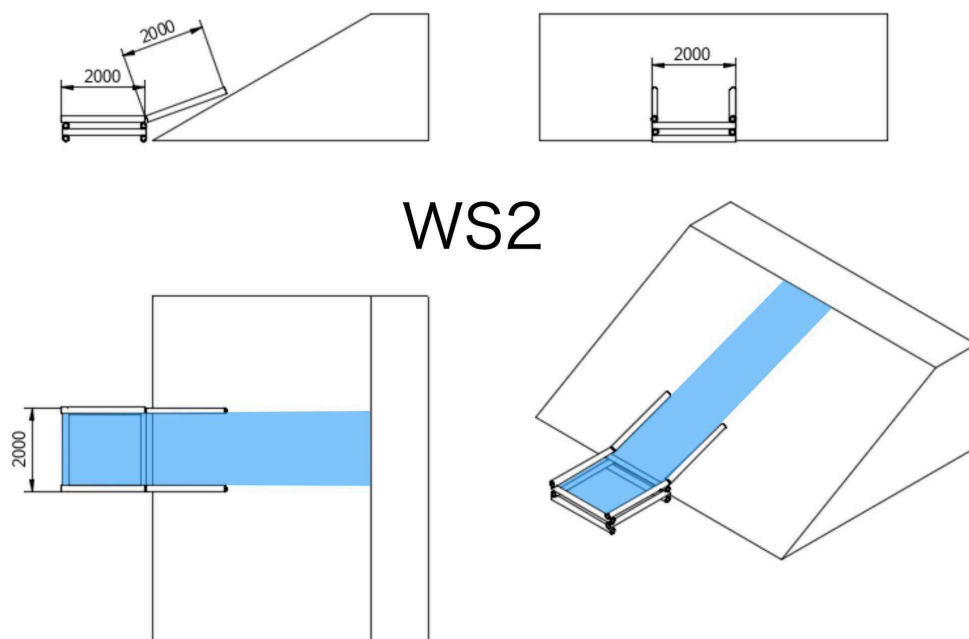


図7 琴崎公園施工図

秋になりかけた9月終わりに際波台プレーパークの開催機会を得たので、竹の棒と足場を使って自然の傾斜を大きくして、他のプレーパークイベントの準備手順と同様にウォータースライダーを作成した（図8）。公園の中央にある短い斜面を利用して（公園3、WS3、ビデオ3）、ウォータースライダーを作ることができた。

ウォータースライダーの角度は最急しゅんな斜面角度で21度、長さは4m、底にはプールを配備した。

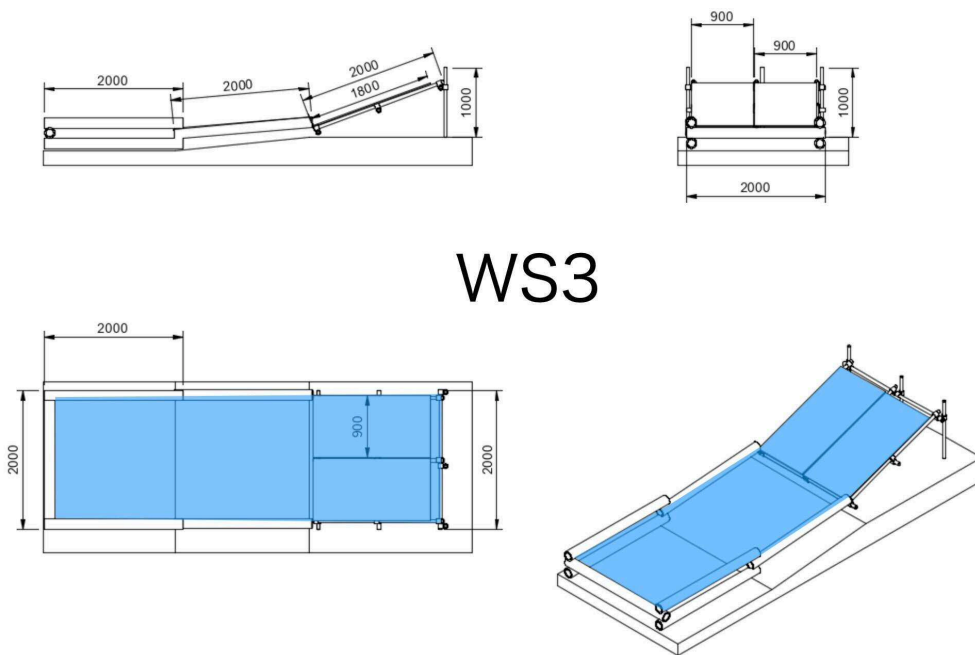


図8 際波台公園施工図

他の公園会場に対して、4つ目のプレーパークのみ、地域の公立小学校である上宇部小学校が会場となり、安定で機能性を併せ持つ校庭へと子どもたちが登り下りし校舎と往来する外階段の斜面を活用することとした。階段のコンクリートの背面固さが子どもへの影響にならないように、ウォータースライダーを作る階段を、ベニヤ板と四角い木の棒をクッション材となる厚紙で覆ってレールを作り、重ねてブルーシートで覆う構造に設計した。ウォータースライダーの角度は27度、長さは6mになるようにする。

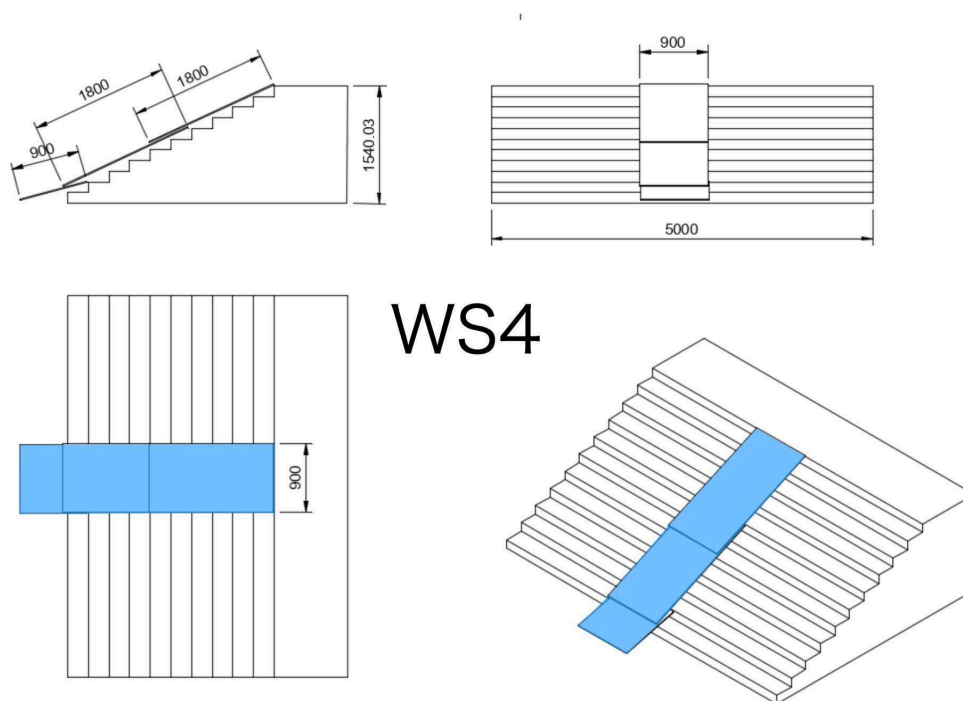


図9 上宇部小学校施工図

2.2.5 プレーパークにおける安全性配慮

2.2.5.1. 構造物の安全性を確認するため、

有限要素法（FEM）等のシミュレーション

（例：Adobe Fusion 360）を用いて強度を算出する。

図10に有限要素法でモデル化された傾斜構造物の負荷シミュレーションによる安全性確認を行った。補強構造有無条件を比較するために同じ力を加えることで、どのように補強構造があった方が変位量ヒートマップ図示により視覚的に確認を行った。右側の補強有り構造の方変位が少なく、より安全性が高いことがわかったことから、補強構造を備えた右側のデザインを選択し設置した。

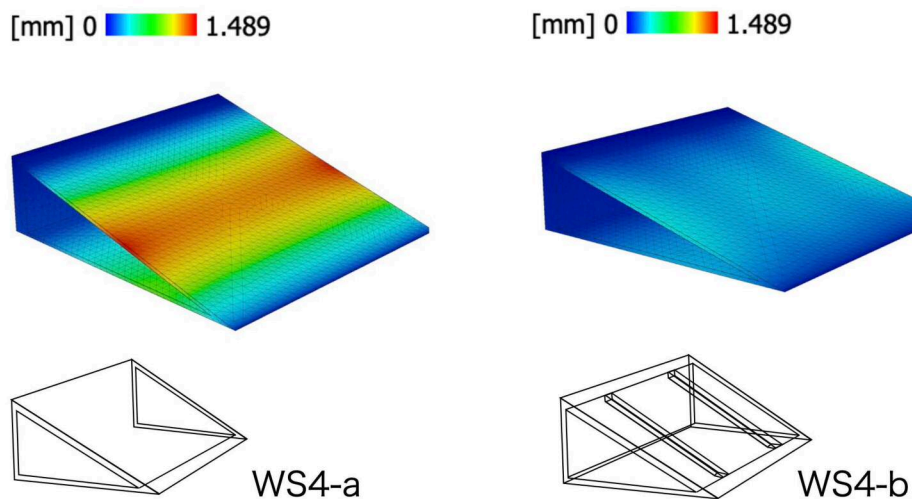


図 10 斜面構造シミュレーション比較図

*** その他の安全性配慮**

プロトタイプを作成し、複数人の小児および成人で繰り返し試用することで、硬い部分や突起物などの潜在的なリスクを発見することに努めた。見つかった場合は、そのようなハイリスク部分をなくすか、柔らかいキャップで覆いリスク軽減を配慮した。また、子どもたちが自分でリスクを克服する方法を学べるように、最低限のリスクは残しておくことも検討した。

2.2.6 材料 及び 組み立て (材料一覧表参照)

表 2 材料一覧表

	材料(数量)	規格
WS1	単管 (6)	NFG Ecostar 700N Φ 48.6 mm x 0.9 m
	単管 (27)	NFG Ecostar 700N Φ 48.6 mm x 1.8 m
	単管 (2)	NFG Ecostar 700N Φ 48.6 mm x 2.4 m
	クランプカバー(35)	Φ 48.6 mm 単管クランプ適用
	直交クランプ(36)	Φ 48.6 mm 単管用
	ベニア板	13 x 900 x 1800 mm
	ブルシート (1)	0.25 x 4500 x 4500 mm
	竹(8)	15 mm x 2000 mm
	クレモナ S ロープ(1)	Φ 18 mm x 200 m
	PP ロープ(1)	Φ 6 mm x 200 m
WS2	ブルシート (1)	0.25 x 4500 x 4500 mm
	竹 (8)	15 mm x 2000 mm
	PP ロープ (1)	Φ 6 mm x 200 m
WS3	ベニア板 (2)	13 x 900 x 1800 mm
	直交クランプ(11)	for Φ 48.6 mm
	ブルシート (1)	0.25 x 4500 x 4500 mm
	竹 (7)	15 mm x 2000 mm
	PP ロープ (1)	Φ 6 mm x 200 m
WS4	ベニア板 (2)	13 x 900 x 1800 mm
	ベニア板(1)	13 x 900 x 900 mm
	SPF 2 x 4 材	38 x 89 x 1820 mm
	ダンボール	free size
	木ねじ (1 box)	3.3x50 mm
	ガムテープ(2)	50 mmx50 m
	ペグ (4)	Φ 9 mmx300 mm

4 つのウォーター スライドを作成するために必要な主要材料を表に示す。
各材料の加工・組み立て方法は次の手順で行った。

2.2.6.1 材料の表面を平滑にし、清掃する。

2.2.6.2 インパクトドライバーやのこぎりを使って、パイプ、板、ジョイント、

ネジ、ロープで骨組みを組み立てる。

- 2.2.6.3 枠組みの角を地面に杭で打ち付ける。
- 2.2.6.4 段差にダンボールクッションを固定する。
- 2.2.6.5 形に合わせてタープを被せ、杭と防水テープで固定する。
- 2.2.6.6 滑り台の上からホースで水を流す。
- 2.2.6.7 遊具全体の利用過程の安全性を繰り返し確認し、必要に応じて補強する。
- 2.2.6.8 使用中の安全性を継続的に監視し、問題があれば直ちに補修する。
- 2.2.6.9 活動の記録と定量分析。
- 2.2.6.10 ビデオカメラ（JVC・Evrio）を三脚で固定して、子どもたちがスライドを使用する様子を撮影する。
- 2.2.6.11 児童の年齢に概ね比例関係が推定される指標である身長について、各ウォーターライダーを利用した児童を対象に計測する（表 3）。

2.2.7 定性的な観察および定量的な分析

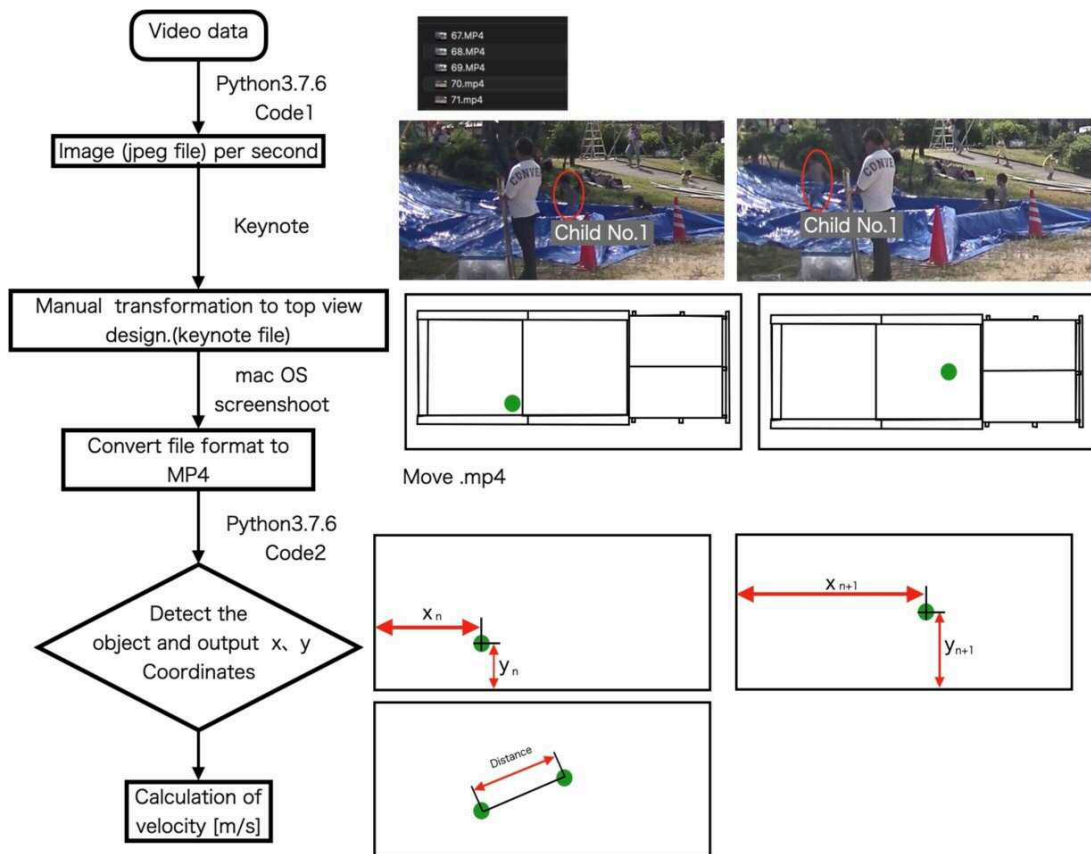


図 11 分析プロセスのフローチャート

ビデオデータより児童の重心位置を抽出し遊具における行動概量を計測するプロセスと利用したアプリケーション情報を図 11 のフローチャートに示す。画像データから Python3.7.6 基盤の Code1 により静止画スライスデータへの変換を行う。マニュアルで遊具の 3 次元位置を定性的に推量し、鳥観図遊具内の位置を点で記録する。Mac PC アプリケーション Keynote 上で MP4 動画ファイルを作成し、Python3.7.6 基盤の Code2 により、点追尾座標を自動取得し、移動速度を算出する。

●Code 1

```
import cv2
cap = cv2.VideoCapture("/Users/dzukuriseisenta/Desktop/ki.mp4")
c = 1
timeRate =1 # time

while(True):
    ret, frame = cap.read()
    FPS = cap.get(5)
    if ret:
        frameRate = int(FPS) * timeRate
        if(c % frameRate == 0):
            print("Screenshot:" + str(c) + " pic")

            cv2.imwrite("/Users/dzukuriseisenta/Desktop/slider_1s/3kiwa
nami/" + str(c) + '.jpg', frame) #where save the picture
            c += 1
            cv2.waitKey(0)
        else:
            print("Task over")
            break
cap.release()
```

●Code 2

```
import numpy as np
import cv2
from matplotlib import pyplot as plt
import openpyxl

wb = openpyxl.Workbook()
ws = wb.active

def contours(img):
    img_gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    ret, img_binary = cv2.threshold(img_gray,
                                    60, 255,
                                    cv2.THRESH_BINARY)
```

```

contours, hierarchy = cv2.findContours(img_binary,
                                       cv2.RETR_EXTERNAL,
                                       cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

contours = np.array(contours)
x = np.mean(contours[0].T[0, 0])
y = np.mean(contours[0].T[1, 0])
return x, y

movie =
cv2.VideoCapture('/Users/dzukuriseisenta/Desktop/4kami/8.mp4') # read
video file

#
fps = int(movie.get(cv2.CAP_PROP_FPS)) #
FPS of video
w = int(movie.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH)) #
wide
h = int(movie.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT)) #
hight
fourcc = cv2.VideoWriter_fourcc('m', 'p', '4', 'v') #
mp4
video = cv2.VideoWriter('/Users/dzukuriseisenta/Desktop/識別
/kami8.mp4', fourcc, fps, (w, h), True) # file name、FPS, size, colour)

#
x_list = []
y_list = []
while True:
    ret, frame = movie.read()

    if not ret:
        break

    x, y = contours(frame) # 輪郭検
出から物体中心を算出

    frame = cv2.circle(frame, (int(x), int(y)), 20, (255, 255, 255),
2) # 検出した位置にサークル描画

    video.write(frame) # 動画を保存する
    x_list.append(x)
    y_list.append(y)

```

```
for i in range(0, len(x_list)):

    #A 列にリストを書き込み
    ws.cell(i+1, 1, value = x_list[i])

    #B 列にリストを書き込み
    ws.cell(i+1, 2, value = y_list[i])

wb.save('/Users/dzukurisodeisenta/Desktop/excel/4_kami8.xlsx')
# 動画オブジェクト解放
movie.release()
```

2.3 結果

すべてのウォータースライダーで、子どもたちが自発的に集まり、社会的に交流し、一緒に遊んでいた。WS4 を利用した子どもは、他のスライダーを利用した子どもよりも年齢が高いと推定された（表 3）。

表 3 子どもの身長比較

定量分析対象時間内の 4 街区公園に遊びに来た子どもの数、平均身長、身長（映像中の子どもの身長を相対的に推定）のデータ構成。

身長[cm]	人数	平均	標準偏差
公園 1	12	130.4	22.0
公園 2	5	132.0	14.7
公園 3	3	116.7	12.5
学校 4	8	147.5	12.0

各ウォータースライダーでどの様に遊ぶ傾向があったかを動線追跡を図示することで比較を行った。

図 12 から図 15 までは、各ウォータースライダーの代表的な IN-OUT 動線を示す。

WS1 では、下部構造 a と b の間で、2 種類の動線が検出された (図 12) 。しかし、b のラインはウォータースライダーに接続していないため、a のラインのみをウォータースライダーに関連するラインとして定義した。

底にプールのある三つのウォータースライド (WS1-3) では、一部の動作線が滑り台を使用せずにプールのみを使用していることを示した (図 12-14) 。また、滑り台から出ずに上下の移動を繰り返す動作が頻繁に観察された (図 12-14) 。

一方、WS1-3 と比較して、WS4 の動線は、滑り降りた後、横の階段を上り、出ることなく再び滑るという一連の動作が繰り返されていた (図 15) 。

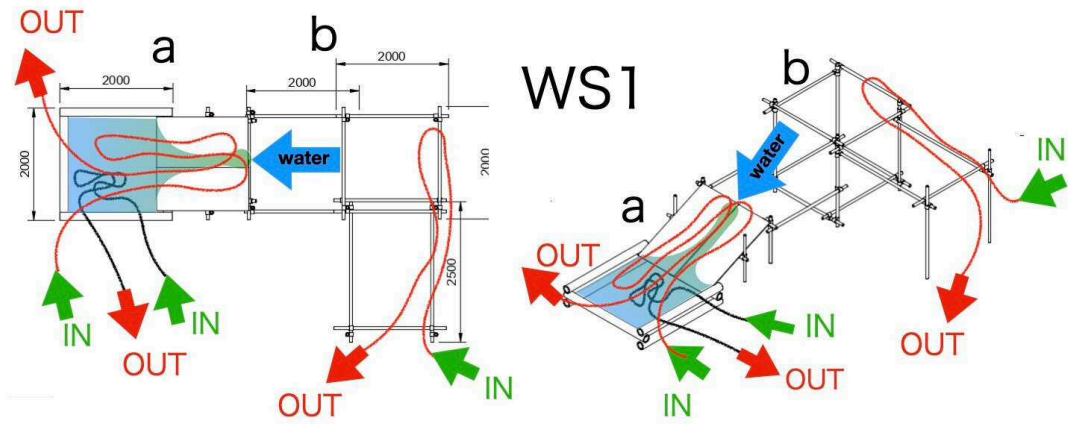


図 12 黒石公園動線図

このウォータースライダー周辺の代表的な IN-OUT 動線。WS1：下部構造 a の最も代表的なラインは赤であった。また、a 地点でプールのみを利用した黒い線と、b 地点で a に向かわない個別の赤い線の 2 パターンが見られた。

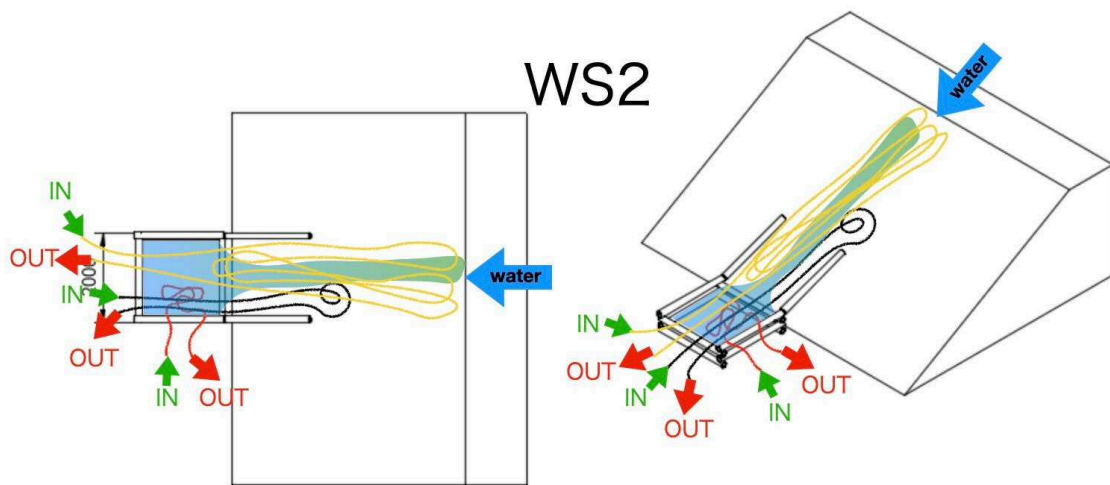


図 13 琴崎公園動線図

このウォータースライダー周辺の代表的な IN-OUT 動線。高速であるライド全体を利用する黄色い線、スライドを部分的に利用する黒い線、プール内に留まる赤い線の 3 パターンが現れた。

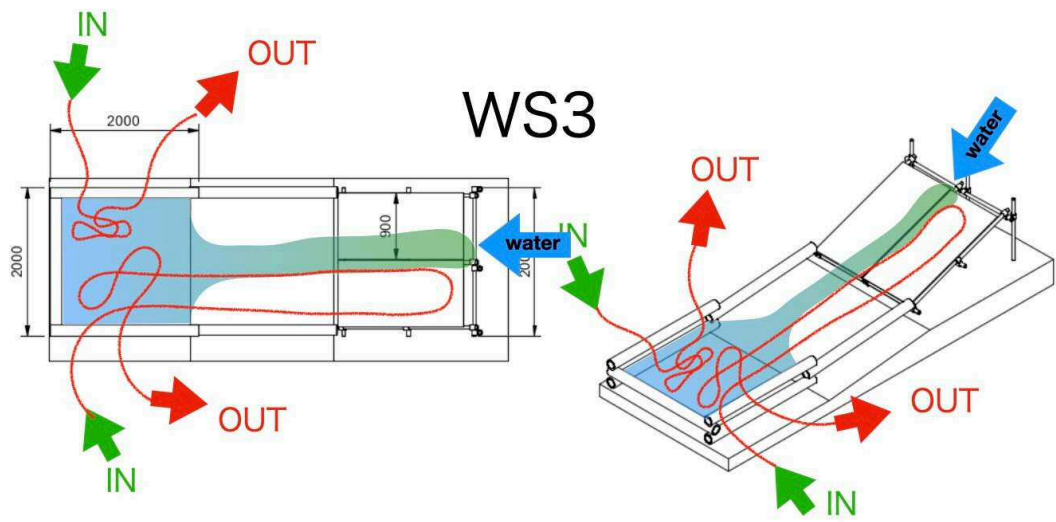


図 14 際波台公園動線図

このウォータースライダー周辺の代表的な IN-OUT 動線。赤い線が 2 本、スライドを利用したり、利用しなかったりした。斜面下部構造を利用する場合と利用しない場合の 2 つの赤線が表れた

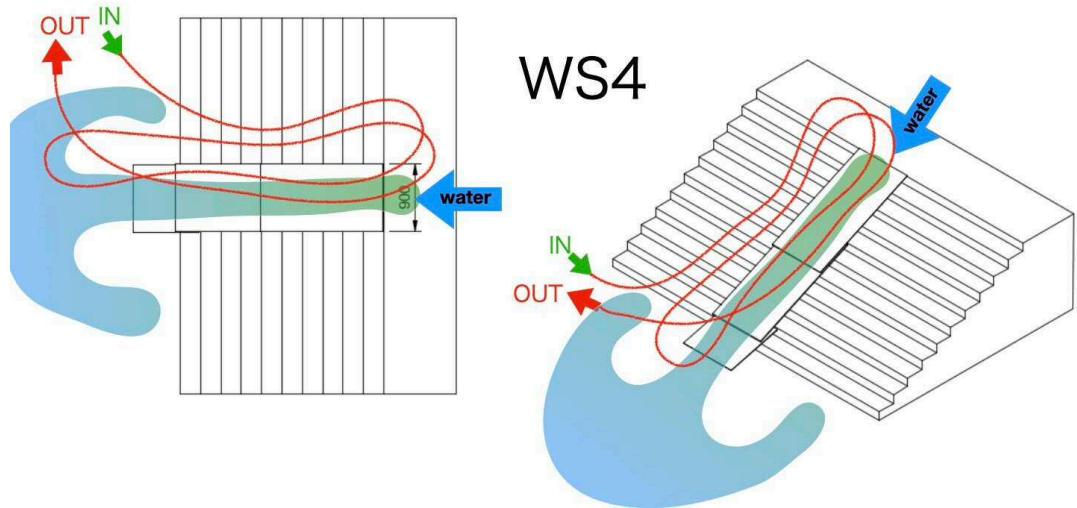


図 15 上宇部小学校動線図

ウォータースライダー周辺の代表的な IN-OUT 動線。行動パターンが統一されていた（プールと滑り台を使い分けていた）

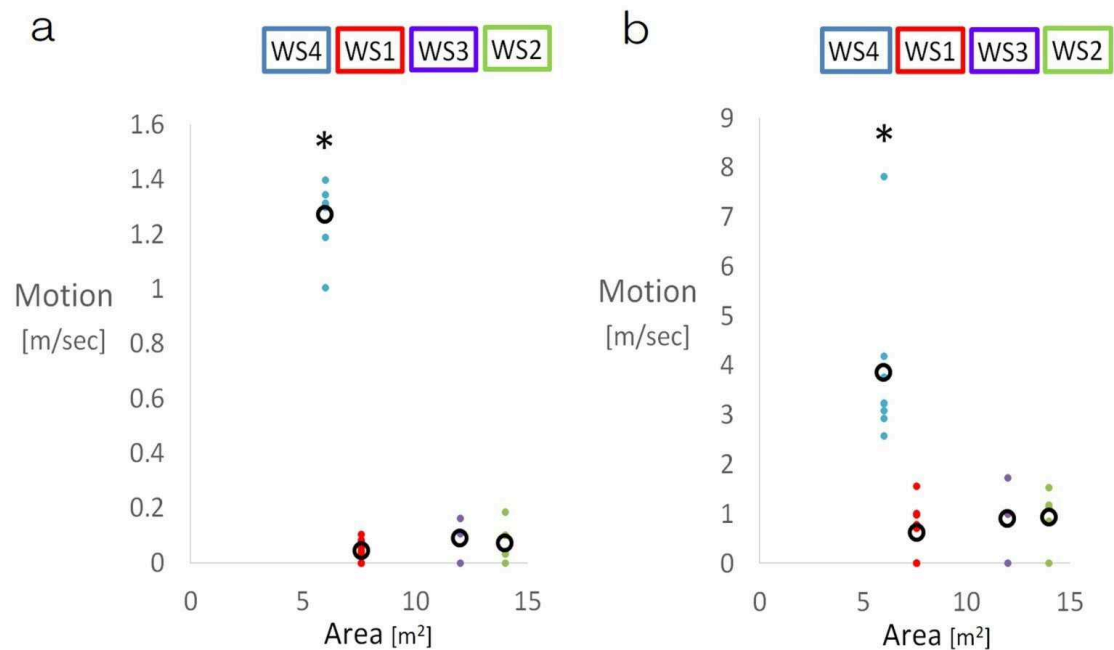


図 16 4 種類のウォータースライダーの定量的比図

最後に行動量の定量比較を行った。黒丸は平均値を表す。各点は個々の子どもを表す。A) WS1~4 のラベルの下の数字は、同じ 1 分間で滑り台に集まった子どもの数が最も多かったものを示す。B) A と同じデータから導き出された最高速度。さらに、面積 (表 1) とウォータースライダーを利用する児童数を考慮して、個々の児童の平均と最大移動量を比較した (図 16)。WS1、WS2、WS3 の面積は互いに大きく異なるが、それぞれにおける児童の動きのレベルはほぼ同じであった。WS 4 周辺の動きは、他の滑り台に比べ有意に高かった。

2.4 考察

以上のウォータースライダーは、子どもたちが自発的に都市公園に集まり、互いに、そして自然環境と交流することを目的として、その促進のために設置された。プレーパークの主催を行った我々は、子どもたち、大人、学生、そして市民が一緒になって、デザイン、組み立て、片付けを行う共同創造プロセスを重視した。全員が協力して課題を克服することを楽しむように促した [11, 12]. 動物モデルにおいては、母語のように幼少期に相互で学ぶ感受性が高まることやその学習経験の欠損 [13, 14] が、将来の社会適応性や心理・情緒機能に影響を与える可能性を示した報告があり [2, 15, 16]、本遊具の提案は、この社会相互の学びの機会をもたらす可能性を示唆した。

ウォータースライダーを作るために、地面の傾斜 (WS2、WS3) または階段 (WS4) を使用した。斜面がない場合は、板と単管足場 (WS1) でプラットフォームを作り、簡単な仮設スロープを作った。公園 1-3 のウォータースライダーの骨組みには、入手しやすい地域資源である竹が使用された [17]。竹は成長が早く、伸びすぎないように管理する必要があるため、この用途には最適である [18]。

WS1 については、モーショントラッキングのライン (図 5A) を確認する前は、フレームワーク全体 (図 2A、a1、a2、b) がウォータースライダー構造に含まれると予想していた。しかし、モーショントラッキング解析の結果、2つの異なる下部構造線に明確な機能的分離を確認した。この検討の結果、WS1 の構造

からタワー部（図 2Ab）を取り除くことで、ウォーターライダーの以降のデザインを簡素化することができた。WS1 のタワーは定量解析対象から取り除かれた。

4 種類の滑り台は、いずれも子どもたちも自発的に集まって来た。WS4 での活動は、他のライダーよりも高かった。これは、我々の推定（表 2）によると、WS4 を利用する子どもたちは他のウォーターライダーよりも年齢が高いため、より発達した個性を有していた可能性がある。このことは、社会性、構成アイデア、協調性などがより発達していることを意味すると考えられる。この活動の違いは、ウォーターライダーのデザインの違いにも起因している可能性があった。WS4 にはプールがなく、横に階段があるため、滑り降りた後、簡単に上に上がることができ、より単純な反復行動を促した可能性を認めた。また、ウォーターライダーの設置場所も、WS4 でアクティビティが高くなった要因のひとつかもしれない。WS1～3 は地元の公園であったが、WS4 は校庭にあり、慣れ親しんだ環境でリラックスして遊ぶことができたと考えられる。もし、この機器を使用する個人に対して教育的、社会経済的な調査を行うことができれば、これらの情報の組み合わせにより、子どもたちの神経心理学的発達に関する洞察を得ることができるだろう。さらに、COVID-19 の潜在的な影響も考慮する必要がある。WS4 での活動は、COVID 関連の制限が続いている 2021 年に評価された。WS1-3 での活動は、パンデミック前に行われた。WS4 での活動レベルは、社会的な遊びの機会が減少した長い期間に対する反応を表している可能性がある[19]。行動は、子ども全員が全力でリズムを守り、助け合い達成す

る協働達成状態そのものを感じられた。これらの単一の観察イベントに固有の限界ゆえに、今後には個々の個人的な調査を含むさらなる詳細な研究継続が必要である[20-21]。

骨組設計の機械的安全性を判断するために、Adobe Fusion（無償版）[23] を用いて、スライド部の補助支持枠の合板の曲げについて、有限要素シミュレーション解析[22] を行った。補助構造体は、体重 25kg の子ども 4 人が同時に滑り台を利用することを想定し、100kg の重量に耐えられるように設計した（非図示）。すべてのウォータースライダーは、子どもたちに適当な擦り傷程度を伴いながら使用され、大きな事故は無かったことから、安全配慮は機能したと考えられる。タープがわずかに滑り落ちたため、数回修正された程度の利用状況だった。

ここで、一事例を付け加えたい。自閉症と診断された小学 1 年生の男児の利用状態を紹介する[24, 7]。最初はスライダーの利用を怖そうな様子で利用しかねていたが、他の子どもたちの様子を見て、自分も参加したいと言い出した。少年はおずおずと近づき、ゆっくりと滑り降り始めた。数回滑った後、滑って転び、滑り台の表面に口唇の一部をぶつけ口腔内壁を少し切った。この後、彼は母親のもとに戻っていった。我々は、この経験が彼にとってマイナスになるのではと心配した。しかし、その後、彼はプレーパークのイベントに大喜びで参加し、リスクテイク（あえて困難に挑戦する姿勢）を強めていったのである。

ここで改めて、第一章をまとめてみる。

我々の企画・開催した活動を通じて、定型発達と言われる子どもも、そして、発達障がいのある、といわれる子どもにも、発達段階にある子どもたちが抱える発達上の問題を解決する方策候補の一例を、本研究で提案し有効性を提示するアプローチに辿り着いたのではないかと考える。社会性、自立性、率先して問題解決を図る力（自発性）、忍耐力、危険を認識し管理する力など、その効果は生物の進化上の要素として実証されており、我々の活動の意味づけとしている。我々のこれらの教育要素と実践応用の提案は、日本だけでなく、筆者の出身地である中国の子どもたちの教育や、特別支援教育にも示唆を与えるものであるように願っている。国を超え教育において大切にされるべきもの、現在の教育環境において軽視されている可能性があるかもしれないもの、すなわち、子どもの社会性、自立性、問題解決に率先して取り組む力（自発性）、忍耐力、危険を認識し対処する力などを、日々、多様性にあふれる環境のなかで、繰り返し再認識・再発見するプロセスを、本研究で提案した。

学校教育以外の社会的環境の中で、子どもたちの社会性、自立性、自発性、忍耐力、危険を認識し制御する能力などを伸ばし、実現する場を提供することは、日本の社会では非常に難しいと感じている。特に、危険を認識し制御する能力などを伸ばし、実現する場を提供することを実現しようとする点は、主導教員・小柴准教授の根気強い努力なしには実現できなかったと思われる。危険は子どもの教育環境から完全に隔離されるべきだと考える教育学者が多い社会で、我々の試行の存在意義を伝えられたかもしれない。この実施ができた

理由は、地域の子どもたちや保護者の皆様、支援団体、自治会、行政、市民の方々からの支援や協力を頂いたことにあり、筆者は協力関係を構築するための貴重な経験により国を超えた視点で学ぶことができた。

2.5 結言

現代の都市化・少子化が進む子どもの成育環境において、屋外のハイリスクな自然で子どもが自主的に共に遊び、課題を乗り越える基盤的な学びの機会に、制約が生じている可能性を仮説した。第一章では、この解決の一端を担う可能性のある教育システムと考えた、子どもの自主・創造・協働・克服を多様に促す「プレーパーク」を実社会で市民と共に実践し、その機能を検証した。未知の子ども同士が自主的に集う遊び環境の試作協創として、地域の環境や自然素材を活かし、夏期から秋期に適す遊具、ウォータースライダーを4つの街区公園や小学校で実施し動画記録を行った。

その結果、いずれも多くの子どもたちが集い、繰り返し遊び、創成から片付けまで参加した。機能分析では、子どもの頭部の水平移動量を目視計測を伴う半自動追尾プログラムにより計量し、運動量を比較した結果、一つのウォータースライダーにおいて平均運動速度の高さが際立ち、子どもたちの協創的な遊び行動の様子が認められた。考察された理由として、高い平均年齢や、環境親和性、新型コロナ抗感染制御下の影響が考えられた。

自主・創造・協働・克服の実践的到達に至ったプレーパークの有効性を認めたことから、同様のプレーパークの遊具系を活用し、より詳細な行動・認知心理の定量情報分析を可能とする動画像自動追跡技術を開発する必要性を確認した。

第3章 動画 AI 活用に基づく 子どもの遊び行動の定量評価法の確立

3.1 緒言

3.1.1 前章の振り返り

前章では、プレーパークで参加者が協創した遊具をこどもが利用する行動記録ビデオデータから、目視と手動で定量情報を取得し分析・検証するという、客観定量性に疑問が残る方法に基づく分析状況であった。そこで、ひとの骨格モデルを自動識別・追尾する人工知能 AI に基づくデータ分析技術の活用を試みている。人工知能が認識しやすい形に変換するデータ加工準備により、認識率の向上が得られるが、とても時間かかる作業であることが問題となった。

一方、得られたデータは一定基準に基づく客観的なデータである点を保証し、こうしたデータに基づくことによりこれまで定性的な分析にしか扱えなかった心理などの、例えば子どもたち同士の社会的相互作用の理解を進めたいと考えている。ソーシャルスキルの向上がどのように成長するのか、前章のような提示された遊具に集まりコミュニケーションが自ずと生まれ遊びこんでいる子どもたちの社会的相互作用、コラボレーション、自発性、創造的思考を、子ども自身の中に生み出されるように導くことができるような成育システムが、本研究の動機である。本章は、前章において課題となった、客観定量的分析術について、最近、台頭が目覚ましい動画像識別技術の活用と検証を主題とする。

3.1.2 分析手法の選択に係わる背景

これまでも、子どもの行動の分析には通常、量的および定性的な方法が多様に活用されてきた。社会心理を理解するための方法には、次のような方法論の必要性が考えられる

3.1.2.1 フィールドワークの参与観察

実社会フィールドワークの参与観察は、初頭の定性的な情報収集を骨格とする。これは、訓練を受けた専門家 [25, 26] が子どもの行動を直接観察することによって解釈し、子どもの行動情報を追跡・抽出し、その情報の中に心理に係わるストーリーを見出す。この方法の利点は、人間の心理の定性的理解という信号処理によりビデオの深みを十分に引き出すことができることだが、欠点は、同様な判断基準を共有する経験豊富な研究者が複数必要であり、主観情報のばらつきを相殺する数による統計処理を必須とするため、時間と人手がかかり、正確に再現することが困難である。第 1 章では子どもの運動追跡について、この主観情報抽出を採用した。

3.1.2.2 質問紙

人間の心理情報を理解する手段として基盤的な文字を活用する、アンケートによるデータ取得 [26, 27] は、比較的大きなサンプルサイズのデータを取得できるという利点があるが、文字・言葉という信号が一義ではなく複合情報のため、情報のばらつき、すなわち、主観的で定量性が少ないという欠点がある。

3.1.2.3 行動信号センサー

生体行動を定量するセンサー [27, 28] によって移動量データを取得し分析する方法では、客観的なデータが得られやすいが、欠点は、機器のコストと着用コストが子どもへの適用性を阻む。装着による不快さなどの影響を及ぼす可能性があることが欠点である。

3.1.2.4 ビデオ行動分析ソフトウェア

商用ソフトウェアでビデオカメラで取得した動画を分析し[29, 30]、行動心理学的データを取得する方法の利点は、適切な情報抽出デザインにより正確な客観的データを得ることができ、再現性に優れている。欠点は、商用ソフトウェアの価格が高額で、また、利用するためには膨大な学習コストを要する。

3.1.3 YOLO の先行研究に対する本研究の特徴課題

以上の背景を踏まえ、再現性のあるデータを大量に取得できる費用対効果の高い識別方法を確立することが課題である。子どもを観察して分析する過程では、多様な手動介入が必要であり、多くの時間を消費する。この労働負担を軽減し、複数の操作を並行処理するコンピューターで実行させ効率を向上させる必要がある。特に人間の社会心理の理解には複数の人の特定識別と行動情報を得る必要があるため、これに可能性のある YOLOv5 を選択した。YOLO は人やものの外観の深層学習 AI を基盤とする識別ソフトウェアで、ウイルスによる病気の認識を向上させるために農学分野で使用され[31]、バナナの画像識別など

[32]に報告がある。さらに YOLO は、屋外ではマルチ UAV を活用した被災者捜索に使用され[33]、屋内では教室の生徒のジェスチャー検出に活用報告がある[34]。研究開始当初は YOLOv5 が最新で、現在の最新は v8 となった。1章で示した我々の関心対象である屋外の子どもの行動の画像識別の報告[33]では航空写真の例がある。関心対象を機械に学習（トレーニング）させる過程が必要であり、トレーニングデータのほとんどは VisDrone2019 などの公開データベースから選択されるが、高頻度に生じる課題、ターゲットを遮る問題はしばしば解決されない。また1章のように特定遊具の周囲に限定するなど、関心情報を限定する仕様を要するが、社会フィールドではしばしばカメラ位置が通行者や風により動き、全領域の関心エリア特定も自動認識させる必要がある。そこで、全領域対象識別と限定範囲対象識別の比較を本研究目標の特徴とする。トレーニングプロセスでは、現在の主流のオフライントレーニング方法とは異なるオンライントレーニングを選択した [31, 33, 34]。高品質、低コスト、高性能の GPU を使用するため、オンライン GPU をトレーニングに使用した。学習データ [34]はぼやけた低解像度の画像にも適用できるため、我々が扱う個人情報を消失処理の上でオンラインを介しクラウドにアップロードする必要のために積極的な低解像度処理を行った画像で子どもを識別させる必要がある。一般的に、トレーニングデータは多量、数千を要し[33, 34, 35]、我々の合計データ量は数千、数百種と量が少ないので、実践的なトレーニング効果を得るのは難しい。そこで、プレーパークの遊具のなかで複数回設置したヤグラを選択し、ま

ず動画から静止画を得てモザイク処理を行い、画像に手作業でタグ付けにより、AI の学習データとして利用し検証を行った。

3.1.4 目的

プレーパークで設置した遊具、ヤグラを利用する複数の子どもを YOLOv5 により自動識別・行動定量できるかどうかを検証する。トレーニング前と比べて、トレーニング後は認識能力の向上性があるかどうかを調査した。オンライントレーニングにおける個人情報保護など、セットアップの条件詳細を決定することを本研究の目的とし、複数のトレーニング条件間で識別能力の比較により効果の検証を行った。

3.2 方法

3.2.1 トレーニングデータ画像の切り出し

Python コード (code1) を介してビデオから 1 秒間隔の静止画を得た。

```
import cv2
cap = cv2.VideoCapture("Path.mp4")
c = 1
timeRate = 1 # time:1pic/s
while(True):
    ret, frame = cap.read()
    FPS = cap.get(5)
    if ret:
        frameRate = int(FPS) * timeRate
        if(c % frameRate == 0):
            print("Screenshot : " + str(c) + " pic")
            cv2.imwrite("slider_1s/3kiwanami/"
+ str(c) + '.jpg', frame)
            #where save the picture
            c += 1
            cv2.waitKey(0)
        else:
            print("Task over")
            break
cap.release( )
```

コード1

python のコードで、主な機能は、特定の場所からビデオファイルを読み取る。

そして、ビデオファイルから 1 秒ごとに静止画を得て、特定の場所に保存する。

画像の簡単なフィルタリングを行い、対象地域（主にヤグラ周辺、図 17, 18 はタグ付けに使用した素材例）で子どもの利用活動があるエリアを探す。この領域には、一度に有効なトレーニング画像数が 120 枚であるため、合計で少なくとも 120 枚用意する。



図 17 対象領域図

カメラの有効領域全体と、標的対象領域（白色部分）を学習させるための画像例。



図 18 非対象領域図

カメラの有効領域全体と、非対象領域（白色部分）を学習させるための画像例。

3.2.2 トレーニングデータ画像のモザイク処理

個人情報棄却するモザイク処理として、元の画像をぼかす画像処理を、Python を使用して縮小し元のサイズに戻すプログラミングにより施した。

対象動画の予備検討として元のポートレートのコピーのサイズを 0.1 から 0.6 まで複数条件をテストした後、最適効率を確認した倍率 0.25 を選択した。最適化目標条件は、画像内の人物の数を手動で識別するだけでなく、写真内の個人的な特徴を容易に認識されないようにすることができる最適倍率として確認した。

コード (Python バージョン 3.7.6) を示す。

コード 2

```
import glob
import cv2
import os
from tqdm import tqdm
input_path = "PATH_1" # original path
output_path = "PATH_1" # save path
x = 0.25 # resize
y = 0.25
img_list = glob.glob(input_path + "*.jpg")
with tqdm(total=len(img_list)) as bar:
    for i, img in enumerate(img_list):
        original_img = cv2.imread(img)
        resized_img1 =
cv2.resize(original_img, dsize=None, fx=x, fy=y)
        #get back
        resized_img
= cv2.resize(resized_img1, dsize=(1440, 1080))
        #save path
        img_name = os.path.basename(img)
        cv2.imwrite(output_path
+ img_name , resized_img)
        bar.update(1)
```

本コードの主な機能は、特定の場所から画像を読み取り、モザイク処理をして特定の場所に保存すること。Path_1 に入力画像のパスを入力し、Path_2 に出力画像のパスを入力する。

$x = 0.25$ 、および $y = 0.25$

は、横方向と縦方向の画像の縮小率を示す。静止画データに合わせてテストを行った後、適切な倍率を選択する。

3.2.3 トレーニング画像のラベル付け

イメージラベルをインストールするには、ターミナルを開き、

```
pip3 install labelImg
```

と入力し、Enter で確定する (図 20)

```
[(base) dzukurisouseisenta@monoiMac ~ % pip3 install labelImg
Requirement already satisfied: labelImg in ./opt/anaconda3/lib/python3.7/site-
packages (1.8.4)
Requirement already satisfied: lxml in ./opt/anaconda3/lib/python3.7/site-pack
ages (from labelImg) (4.5.0)
Requirement already satisfied: pyqt5 in ./opt/anaconda3/lib/python3.7/site-pac
kages (from labelImg) (5.15.2)
Requirement already satisfied: PyQt5-sip<13,>=12.8 in ./opt/anaconda3/lib/pyth
on3.7/site-packages (from pyqt5->labelImg) (12.8.1)
```

図 20 コマンドラインでの実行画面

イメージラベルをインストールするためのコマンドラインに入力する実行内容を例示する。

コマンドラインに: labelImg と入力すると、イメージラベルを実行できる (図 21)。

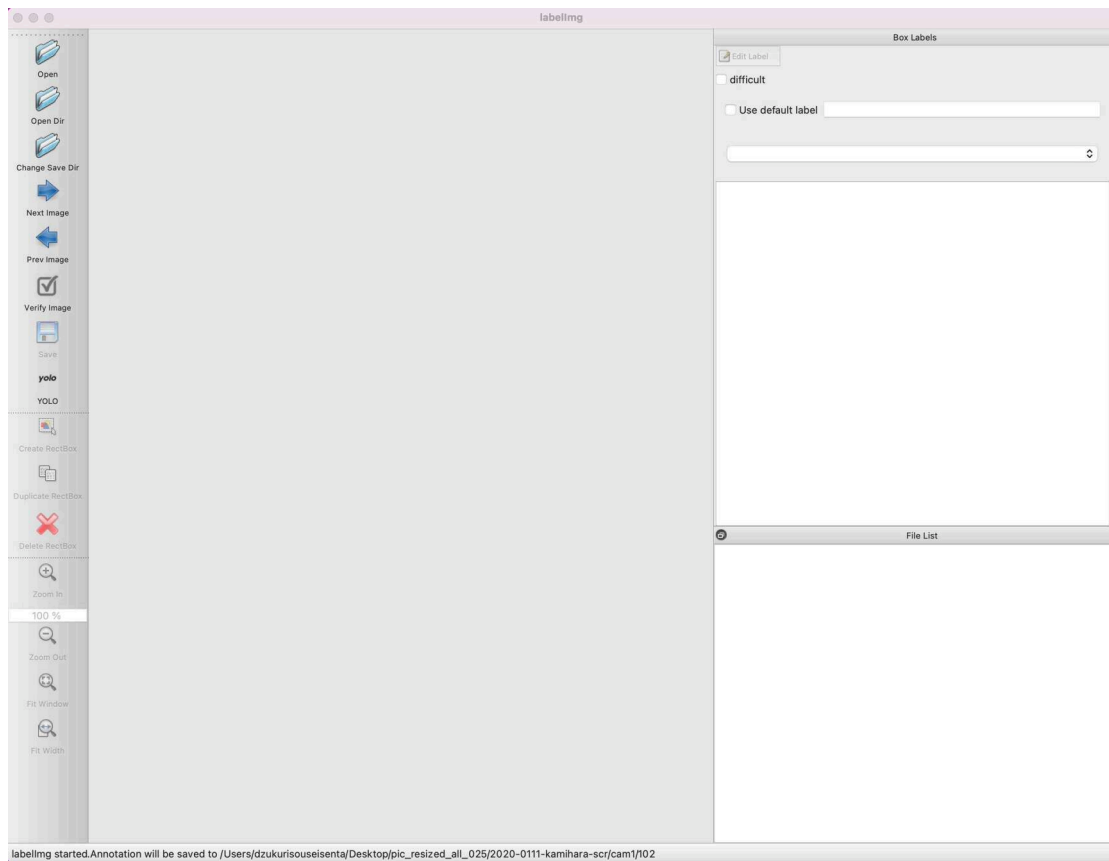


図 21 イメージラベルの実行画面

イメージラベルのソフトウェアにおけるインターフェイス。

「Open Dir」をクリックし、使用するフォルダの場所を選択し、「open」をクリックする(図 22)。

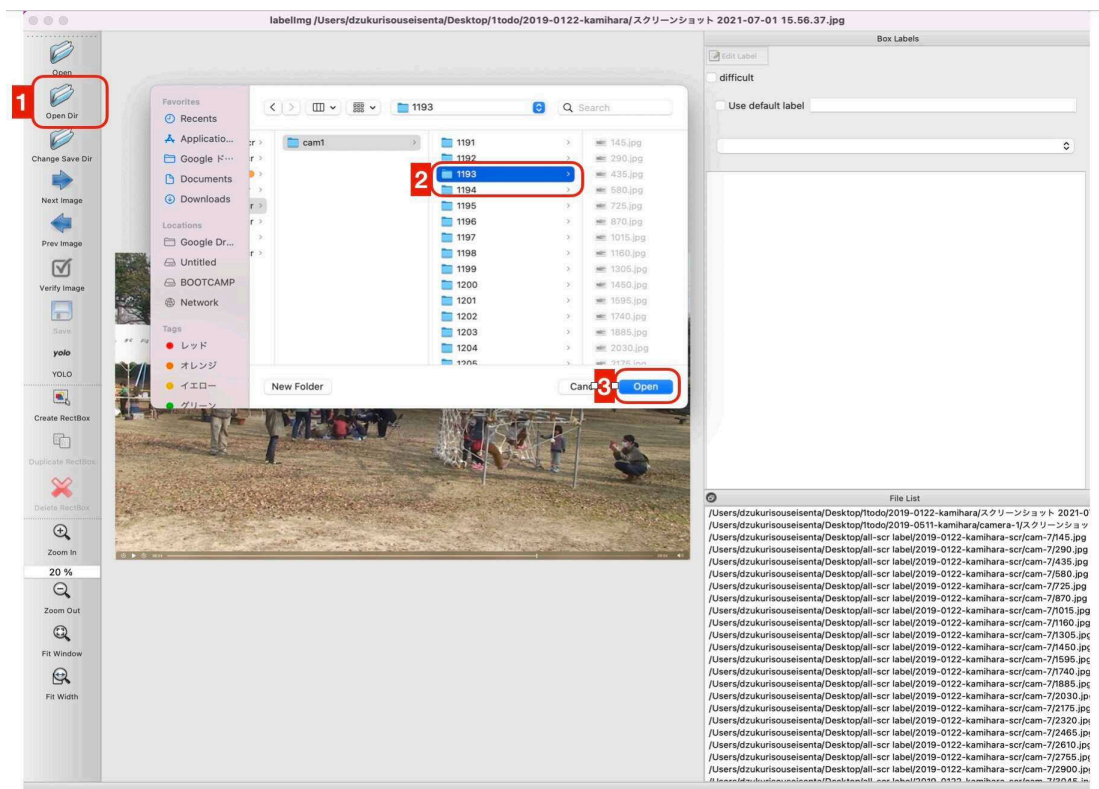
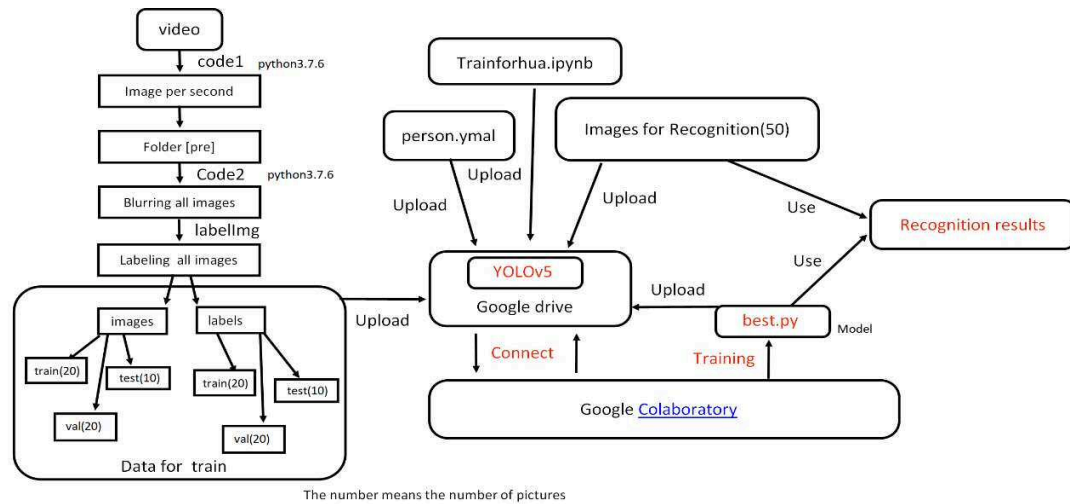


図 22 YOLOv5 全実行フローチャート および 最初の実行機能「イメージラベル」の画面

イメージラベルのソフトウェアでフォルダーを開き、複数の画像を取り込む方法を示す。

Change Save Dir をクリックし、ラベルを保存するフォルダの場所を選択し、"open" をクリック (図 23)。

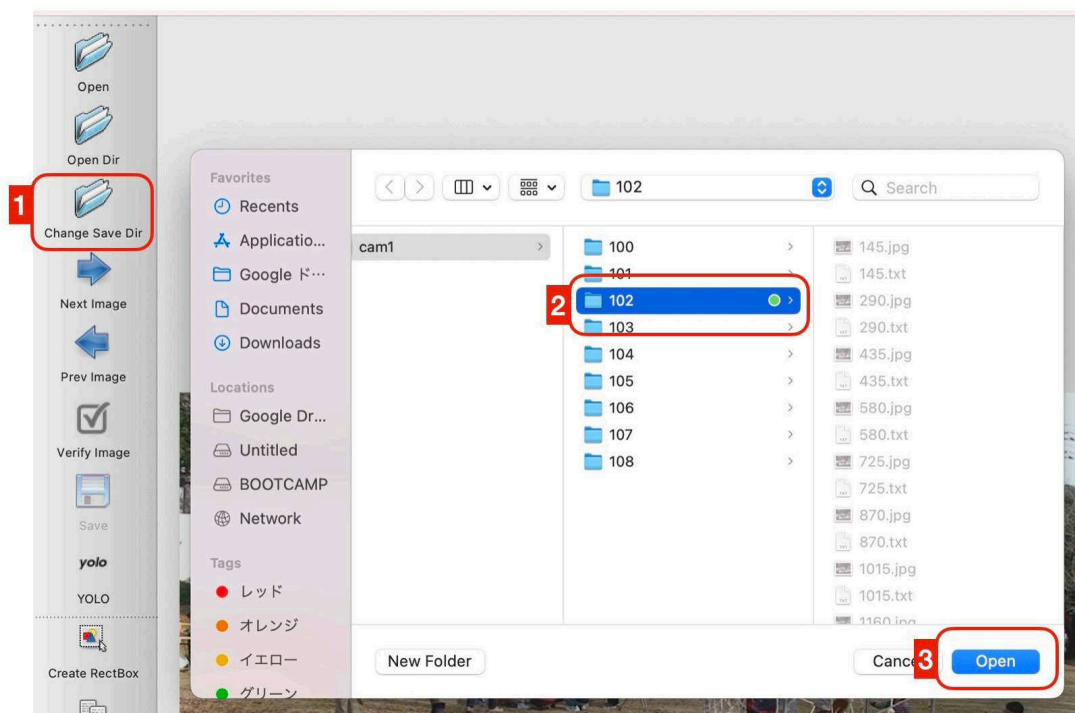


図 23 イメージラベルの実行画面

イメージラベルのソフトウェアで必要なフォルダーを開き、保存する場所を設定する。

”yolo ”をクリック（保存されたラベルのフォーマットを選択）（ 図 24） 、
yolo が表示されていない場合は、yolo が表示されるまで数回クリックする。

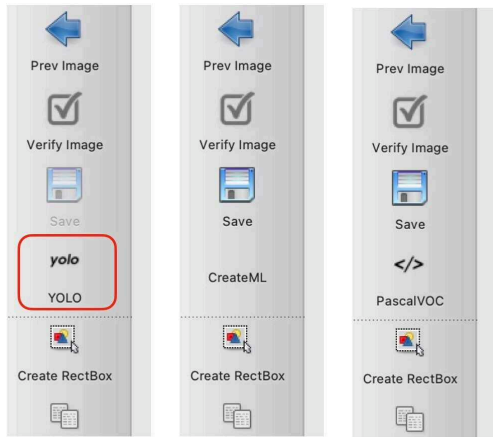


図 24 イメージラベルの実行画面

識別ラベルを必要な形で保存する。

“Create RectBox ”をクリックし、写真内の人物の位置を選択する(図 25)。

ポップアップするダイアログボックスで、人物ラベルを入力し、「OK」をクリックしてから、「保存」をクリック。

step3, step4, step5

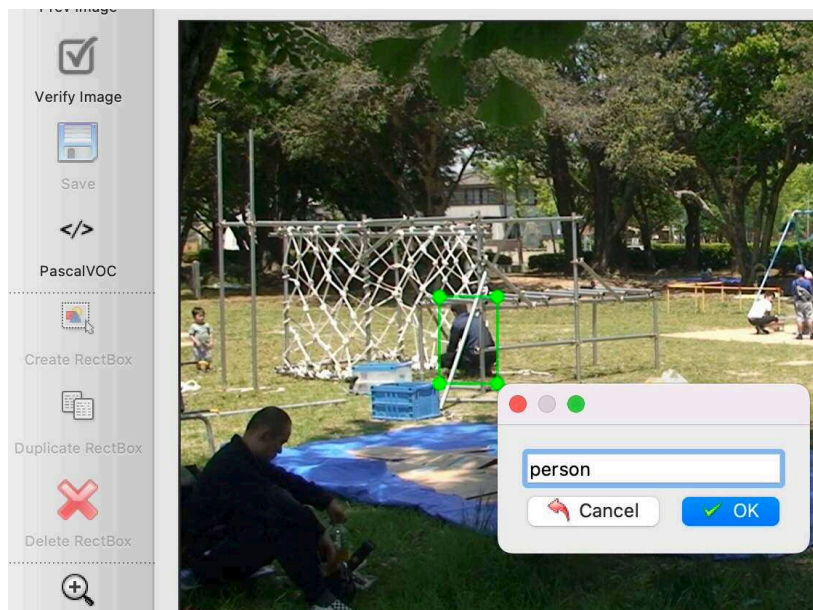


図 25 イメージラベルの実行画面

識別ラベルの作り方を示す。

“次の画像”をクリックし、すべての画像にマークが付くまで繰り返す（図 26）。



図 26 イメージラベルの実行画面

次の画像に進む動作。

“pre”の画像と、それに対応するタグを、“train”20 画像とそれに対応するタグ“val”20 画像、それに対応するタグ“test”10 画像とそれに対応するタグの 3 つに分割して文書化する。対応するラベル「テスト」10 画像と対応するラベル images フォルダを作成し、train、val、test の画像とタグを配置する。

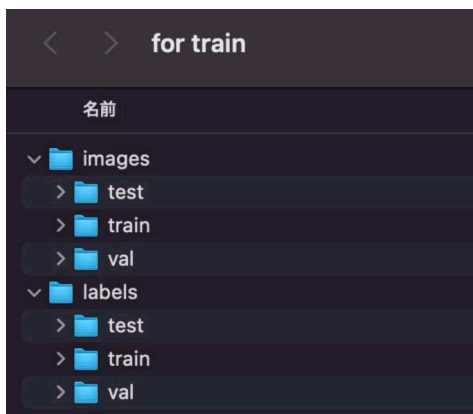


図 27 フォルダの構成

トレーニングに必要なフォルダの構成例を示す。

3.2.4 オンライントレーニング環境の整備

以下の内容でファイル `person.yaml` を作成した。

```
Users > dzukurisouseisenta > Desktop > isbs > ! person.yaml
1  # data path
2  train: data/images/train
3  val:  data/images/val
4  test: data/images/test
5
6  # (nc = number of classes)
7  nc: 1
8
9  # class name (0 means person)
10 names: ['person']
```

図 28 コード 3

学習用、検証用、テスト用のファイルの場所と、識別する対象の分類と種類を示したコード。

3.2.4.1 YOLOv5 フォルダを作成し、その中に `yolov5` フォルダを作成する。

3.2.4.2 ダウンロード Train for hua.ipynb 。

(https://drive.google.com/file/d/11dPj47qFCRMXdmq22_gFu5mpWnoz5pK/view?usp=sharing)

3.2.4.3 google chrome ブラウザ バージョン 106.0.5249.119 (正式版) を起動。(x86_64)

3.2.4.4 google account にログインする。

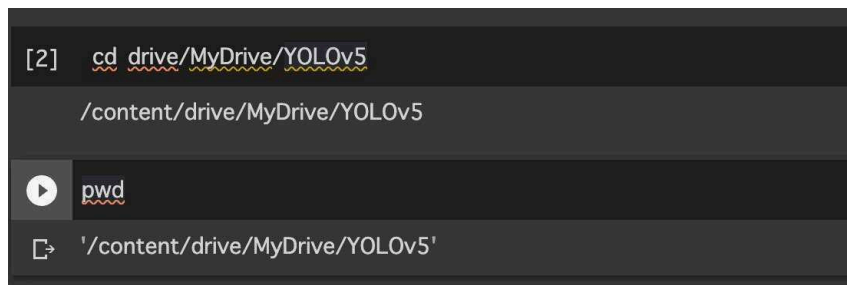
3.2.4.5 google drive を開き、「Train for _hua.ipynb」と「YOLOv5」のファイルを google drive にアップロードする。

3.2.4.6 「編集」 → 「ノートブック設定」 → 「GPU」 を選択し、「SAVE」 をクリックする。

3.2.4.7 「編集」 → 「ノートブックの設定」 → 「GPU」 を選択し、「SAVE」 をクリック。

3.2.4.8 1行目のコードをクリックして実行し、2行目のコードをクリックして実行(図 29)。

*3行目のコードをクリックして実行したとき、エラーが報告される場合、3行目のコードをもう一度実行(YOLOv5 をインストールするため)(図 28, 29)する。



```
[2] cd drive/MyDrive/YOLOv5
/content/drive/MyDrive/YOLOv5

▶ pwd
' /content/drive/MyDrive/YOLOv5'
```

図 29 コード 3

実行時、Google Cloud 上で実行した場合の、ドキュメントの1行目と2行目、およびその結果。

3.2.4.9 実行画面の確認

```
pip install -U -r yolov5/requirements.txt #twice

Looking in indexes: https://pypi.org/simple, https://us-python.pkg.dev/colab-wheels/public/simple/
Requirement already satisfied: matplotlib>=3.2.2 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from -r yolov5/requirements.txt (line 4)) (3.5.3)
Requirement already satisfied: numpy>=1.18.5 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from -r yolov5/requirements.txt (line 5)) (1.21.6)
Requirement already satisfied: opencv-python>=4.1.1 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from -r yolov5/requirements.txt (line 6)) (4.6.0.66)
Requirement already satisfied: Pillow>=7.1.2 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from -r yolov5/requirements.txt (line 7)) (9.2.0)
Requirement already satisfied: PyYAML>=5.3.1 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from -r yolov5/requirements.txt (line 8)) (6.0)
Requirement already satisfied: requests>=2.23.0 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from -r yolov5/requirements.txt (line 9)) (2.28.1)
Requirement already satisfied: scipy>=1.4.1 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from -r yolov5/requirements.txt (line 10)) (1.7.3)
Requirement already satisfied: torch>=1.7.0 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from -r yolov5/requirements.txt (line 11)) (1.12.1+cu113)
Requirement already satisfied: torchvision>=0.8.1 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from -r yolov5/requirements.txt (line 12)) (0.13.1+cu113)
Requirement already satisfied: tqdm>=4.41.0 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from -r yolov5/requirements.txt (line 13)) (4.64.1)
Requirement already satisfied: tensorboard>=2.4.1 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from -r yolov5/requirements.txt (line 16)) (2.10.0)
Requirement already satisfied: seaborn>=0.11.0 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from -r yolov5/requirements.txt (line 20)) (1.3.5)
Requirement already satisfied: thorn in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from -r yolov5/requirements.txt (line 37)) (0.1.1.post2209072238)
Requirement already satisfied: fonttools>=4.22.0 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from matplotlib>=3.2.2->r yolov5/requirements.txt (line 4)) (4.37.1)
Requirement already satisfied: cycler>=0.10 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from matplotlib>=3.2.2->r yolov5/requirements.txt (line 4)) (0.11.0)
Requirement already satisfied: pyparsing>=2.2.1 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from matplotlib>=3.2.2->r yolov5/requirements.txt (line 4)) (3.0.9)
Requirement already satisfied: python-dateutil>=2.7 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from matplotlib>=3.2.2->r yolov5/requirements.txt (line 4)) (2.8.2)
Requirement already satisfied: kiwisolver>=1.0.1 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from matplotlib>=3.2.2->r yolov5/requirements.txt (line 4)) (1.4.4)
```

図 30 実行時の結果①

```
Requirement already satisfied: packaging>=20.0 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from matplotlib>=3.2.2->r yolov5/requirements.txt (line 4)) (21.3)
Requirement already satisfied: urllib3<1.27,>=1.21.1 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from requests>=2.23.0->r yolov5/requirements.txt (line 9)) (1.24.3)
Requirement already satisfied: certifi>=2017.4.17 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from requests>=2.23.0->r yolov5/requirements.txt (line 9)) (2022.6.15)
Requirement already satisfied: dnspython>=2.3 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from requests>=2.23.0->r yolov5/requirements.txt (line 9)) (2.1.0)
Requirement already satisfied: charset-normalizer<3,>=2 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from requests>=2.23.0->r yolov5/requirements.txt (line 9)) (2.1.1)
Requirement already satisfied: typing-extensions in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from torch>=1.7.0->r yolov5/requirements.txt (line 11)) (4.1.1)
Requirement already satisfied: protobuf<3.20,>=3.9.2 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (3.17.3)
Requirement already satisfied: grpcio>=1.24.3 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (1.47.0)
Requirement already satisfied: wheel>=0.26 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (0.37.1)
Requirement already satisfied: markdown>=2.6.8 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (3.4.1)
Requirement already satisfied: tensorboard-data-server<0.7.0,>=0.6.0 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (0.6.1)
Requirement already satisfied: tensorboard-plugin-wit>=1.6.0 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (1.8.1)
Requirement already satisfied: absl-py>=0.4 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (1.2.0)
Requirement already satisfied: google-auth<3,>=1.6.3 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (1.35.0)
Requirement already satisfied: setuptools>=1.0.0 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (57.4.0)
Requirement already satisfied: werkzeug>=1.0.1 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (1.0.1)
Requirement already satisfied: google-auth-oauthlib<0.5,>=0.4.1 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (0.4.6)
Requirement already satisfied: pytz>=2017.3 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from pandas>=1.1.4->r yolov5/requirements.txt (line 20)) (2022.2.1)
Requirement already satisfied: flask>=3.1.4 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from google-auth<3,>=1.6.3->tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (4.9)
Requirement already satisfied: cachetools<5.0,>=2.0.0 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from google-auth<3,>=1.6.3->tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (4.2.4)
Requirement already satisfied: six>=1.9.0 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from google-auth<3,>=1.6.3->tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (1.15.0)
Requirement already satisfied: rsa<4.7.3,>=3.1.4 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from google-auth<3,>=1.6.3->tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (4.7.2)
Requirement already satisfied: requests-oauthlib>=0.7.0 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from google-auth-oauthlib<0.5,>=0.4.1->tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (1.3.1)
Requirement already satisfied: importlib-metadata>=4.4 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from markdown>=2.6.8->tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (4.12.0)
Requirement already satisfied: zipp>=0.5 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from importlib-metadata>=4.4->markdown>=2.6.8->tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (3.8.1)
Requirement already satisfied: pyasn1<0.5.0,>=0.4.6 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from pyasn1-modules>=0.2.1->google-auth<3,>=1.6.3->tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (0.4.8)
Requirement already satisfied: oauthlib>=3.0.0 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from requests-oauthlib>=0.7.0->google-auth-oauthlib<0.5,>=0.4.1->tensorboard>=2.4.1->r yolov5/requirements.txt (line 16)) (3.2.0)
```

図 31 実行時の結果②

図 30、31 は、いずれも 3 行目のコードと、実行の開始および終了が示されている。

3.2.4.10 4 行目のコードをクリックして実行し、5 行目のコードをクリックして実行し、python のバージョンを確認する。

3.2.4.11 先ほど開いた google drive で、yolov5/yolov5/data/というフォルダに行き、images を探して、images_old に名前を変え、「images」「label」「for_rec」ファイルを tolov5/yolov5/data/というフォルダに

入れる。 "for_rec"ファイルを yolov5/yolov5/data/フォルダに格納する。

トレーニング用の Images の中の学習画像は計 50 枚。

識別比較用の条件 (train/test 1 st, train/test 2 nd) を対象とした。

3.2.4.12 yolov5 フォルダ内の「person.yaml」をアップロードする (図 30) 。

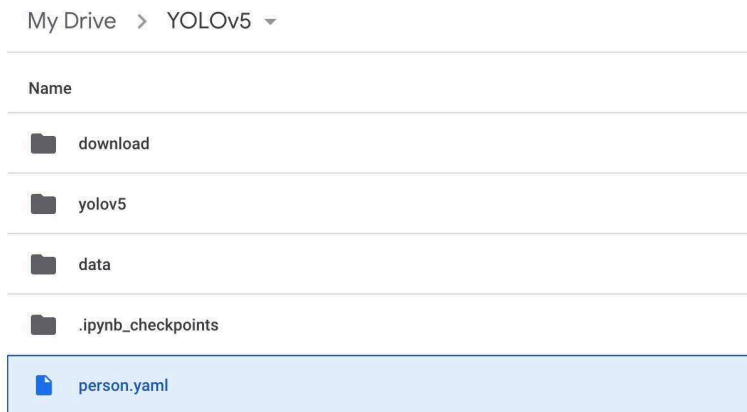


図 32 オンライントレーニング環境整備の実行時のファイル・アップロード

図 30 内の実行時、ファイルをドキュメント全体のどこにアップロードすべきかを示す。

3.2.5 オンライン・トレーニングの実行と識別

3.2.5.1 6行目のコードをクリックして実行（かなり長いので途中省略、全体の処理は「Train for _hua.ipynb」ファイルに保存）。

```
!python yolov5/train.py --data person.yaml --weights yolov5s.pt --freeze 10 --epochs 100 --batch 16
train: weights=yolov5s.pt, cfg=, data=person.yaml, hyp=yolov5/data/hyps/hyp_scratch-low.yaml, epochs=100, batch_size=16, imgsz=640, rect=False, resume=False, nosave=False, noval=False, noautoanchor=False, no
Weights & Biases: run 'pip install wandb' to automatically track and visualize YOLOv5 🚀 runs (RECOMMENDED)
TensorBoard: Start with 'tensorboard --logdir yolov5/runs/train', view at http://localhost:6006/
remote: Enumerating objects: 987, done.
remote: Counting objects: 100% (452/452), done.
remote: Compressing objects: 100% (57/57), done.
remote: Total 987 (delta 411), reused 415 (delta 395), pack-reused 535
Receiving objects: 100% (987/987), 600.09 KiB | 16.87 MiB/s, done.
Downloading https://ultralytics.com/assets/Arial.ttf to /root/.config/ultralytics/Arial.ttf...
100% 755k/755k [00:00<00:00, 89.9MB/s]
Resolving deltas: 100% (687/687), completed with 67 local objects.
Overriding model.yaml nc=80 with nc=1

   from  n  params module                    arguments
   --  --  --  --  --
0      -1  1  3520  models.common.Conv          [3, 32, 6, 2, 2]
1      -1  1  18560 models.common.Conv          [32, 64, 3, 2]
2      -1  1  18816 models.common.C3            [64, 64, 1]
3      -1  1  73994 models.common.Conv          [64, 128, 3, 2]
4      -1  2  115712 models.common.C3            [128, 128, 2]
5      -1  1  295424 models.common.Conv          [128, 256, 3, 2]
6      -1  3  625152 models.common.C3            [256, 256, 3]
7      -1  1  1180872 models.common.Conv          [256, 512, 3, 2]
8      -1  1  1182720 models.common.C3            [512, 512, 1]
9      -1  1  656896 models.common.SPPF          [512, 512, 5]
10     -1  1  131584 models.common.Conv          [512, 256, 1, 1]
11     -1  1  0      torch.nn.modules.upsampling.Upsample [None, 2, 'nearest']
12    [-1, 6] 1  0      models.common.Concat          [1]
13     -1  1  361984 models.common.C3            [512, 256, 1, False]
14     -1  1  33024  models.common.Conv          [256, 128, 1, 1]
15     -1  1  0      torch.nn.modules.upsampling.Upsample [None, 2, 'nearest']
16    [-1, 4] 1  0      models.common.Concat          [1]
17     -1  1  90880  models.common.C3            [256, 128, 1, False]
18     -1  1  147712 models.common.Conv          [128, 128, 3, 2]
19    [-1, 14] 1  0      models.common.Concat          [1]
20     -1  1  296448 models.common.C3            [256, 256, 1, False]
21     -1  1  590336 models.common.Conv          [256, 256, 3, 2]
22    [-1, 10] 1  0      models.common.Concat          [1]
23     -1  1  1182720 models.common.C3            [512, 512, 1, False]
24    [17, 20, 23] 1  16182  models.yolo.Detect           [1, [[10, 13, 16, 30, 33, 23], [30, 61, 62, 45, 59, 119], [116, 90, 156, 198, 373, 326]], [128, 256, 512]]

From https://github.com/ultralytics/yolov5
0ab303b..23701ea master -> origin/master
* [new branch]  cls/test_reset_params -> origin/cls/test_reset_params
* [new branch]  fix_rgb_albumentations -> origin/fix_rgb_albumentations
Model summary: 270 layers, 7022326 parameters, 7022326 gradients, 15.9 GFLOPs
```

図 33 6行目のコードと実行結果の一部

3.2.5.2 実行後、yolov5/runs/train/exp2 に保存された最後の行 Results にモデルが保存される（トレーニングの過程が反映されている図が results.png (図 41-44)）。


```

Epoch gpu_mem  box  obj  cls  labels img_size
96/99  1.45G 0.04707 0.0537  0   76  640: 100% 2/2 [00:02<00:00, 1.07s/it]
Class Images Labels P R mAP@.5 mAP@.5:.95: 100% 1/1 [00:00<00:00, 2.61it/s]
all 20 46 0.297 0.783 0.35 0.181

Epoch gpu_mem  box  obj  cls  labels img_size
97/99  1.45G 0.04823 0.06673  0  107  640: 100% 2/2 [00:02<00:00, 1.13s/it]
Class Images Labels P R mAP@.5 mAP@.5:.95: 100% 1/1 [00:00<00:00, 2.75it/s]
all 20 46 0.281 0.85 0.349 0.18

Epoch gpu_mem  box  obj  cls  labels img_size
98/99  1.45G 0.04947 0.06905  0  119  640: 100% 2/2 [00:01<00:00, 1.16it/s]
Class Images Labels P R mAP@.5 mAP@.5:.95: 100% 1/1 [00:00<00:00, 2.50it/s]
all 20 46 0.281 0.85 0.349 0.18

Epoch gpu_mem  box  obj  cls  labels img_size
99/99  1.45G 0.053 0.06689  0   75  640: 100% 2/2 [00:02<00:00, 1.01s/it]
Class Images Labels P R mAP@.5 mAP@.5:.95: 100% 1/1 [00:00<00:00, 4.81it/s]
all 20 46 0.291 0.826 0.352 0.183

100 epochs completed in 0.098 hours.
Optimizer stripped from yolov5/runs/train/exp2/weights/last.pt, 14.4MB
Optimizer stripped from yolov5/runs/train/exp2/weights/best.pt, 14.4MB

Validating yolov5/runs/train/exp2/weights/best.pt...
Fusing layers...
Model summary: 213 layers, 7012822 parameters, 0 gradients, 15.8 GFLOPs
Class Images Labels P R mAP@.5 mAP@.5:.95: 100% 1/1 [00:00<00:00, 1.47it/s]
all 20 46 0.307 0.696 0.354 0.188
Results saved to yolov5/runs/train/exp2

```

図 34 実行時の最終的なモデルが保存された場所の表示

3.2.5.3 訓練されていないモデルでの認識：8行目のコードの選択と実行。

3.2.5.4 保存された結果 Results saved to yolov5/runs/detect/exp7

50 abels saved to yolov5/runs/detect/exp7/labels

認識結果の画像の保存先とラベルの保存先を示す。

3.2.5.5 学習済みモデルを用いた認識：9行目のコードを選択し実行する。

算出されたベストモデル (best.pt) を条件間比較のための正解率結果に
利用した (図 45-46) 。

3.2.5.6 保存された結果 Results saved to yolov5/runs/detect/exp8

50 labels saved to yolov5/runs/detect/exp8/labels

認識結果の画像の保存先とラベルの保存先を示す。

3.2.5.7 学習条件

動画データ中の人数について、手動認識 (目視識別) (M) に対して、次の二条件の学習条件(A)および(B)、非学習条件(O)、に関する比較を行った (図 45) 。

(M) 手動認識：試験者による目視識別により人数を定量する。

(O) トレーニング前：YOLOv5 の未学習・初期状態による自動識別定量。

(A) 範囲制限なしトレーニング：全画面範囲を対象として学習。

(B) 範囲制限トレーニング：対象 (ヤグラ内外) 範囲の人のみ学習。

3.2.5.8 学習条件と画像内の識別ボックス確認

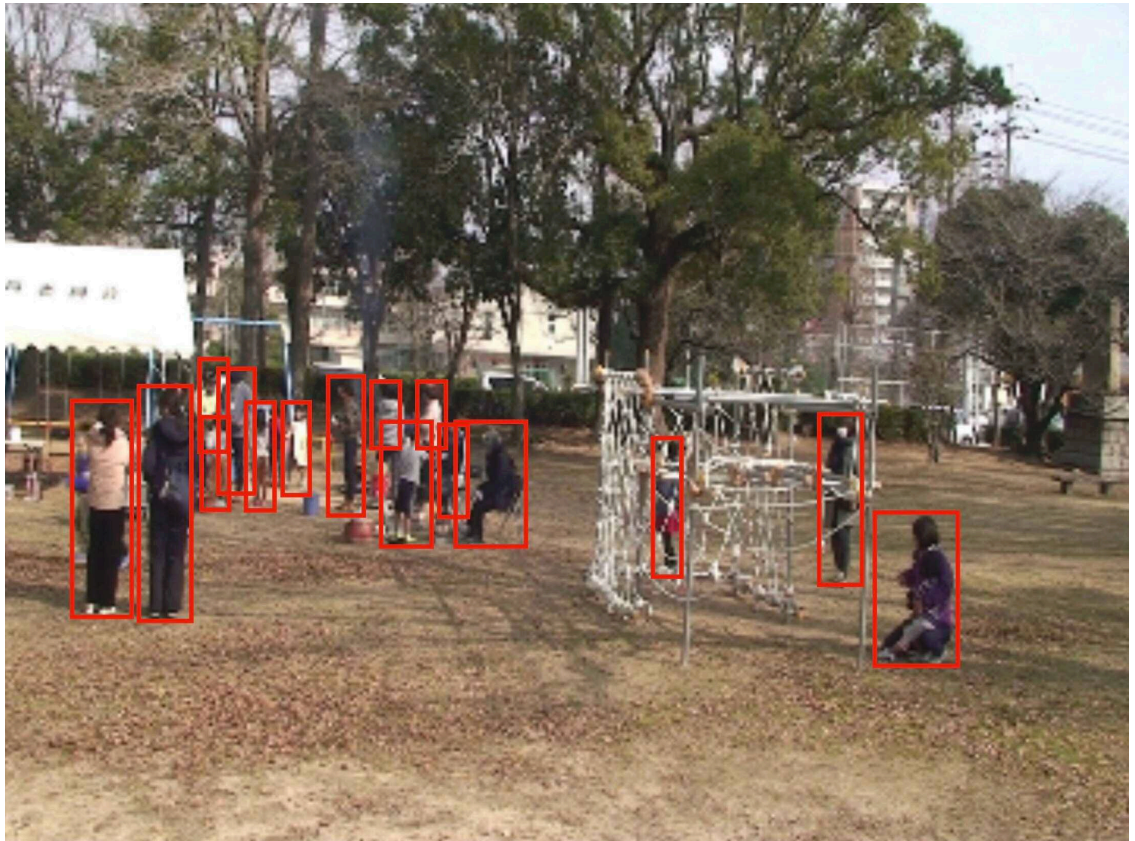


図 35 手動認識による識別例

写真に写っている人物を目視識別と手動ラベル付けで認識した例で、赤枠により概ねすべての人物の位置を示している。

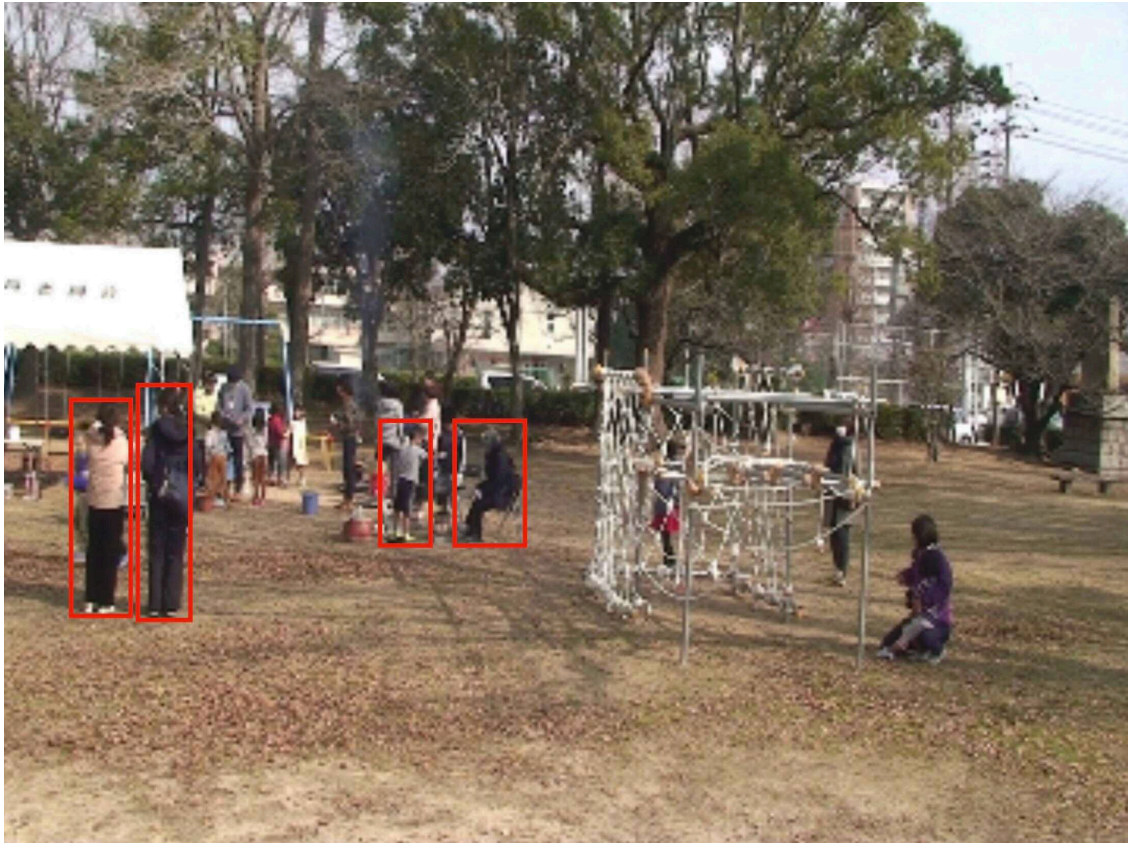


図 36 トレーニング前の識別例

YOLOv5 が初期状態であり学習なし状態で、写真中の人物を認識した例。赤枠が識別した人物の位置を示す。標的領域であるヤグラ内の人物は認識されていない。

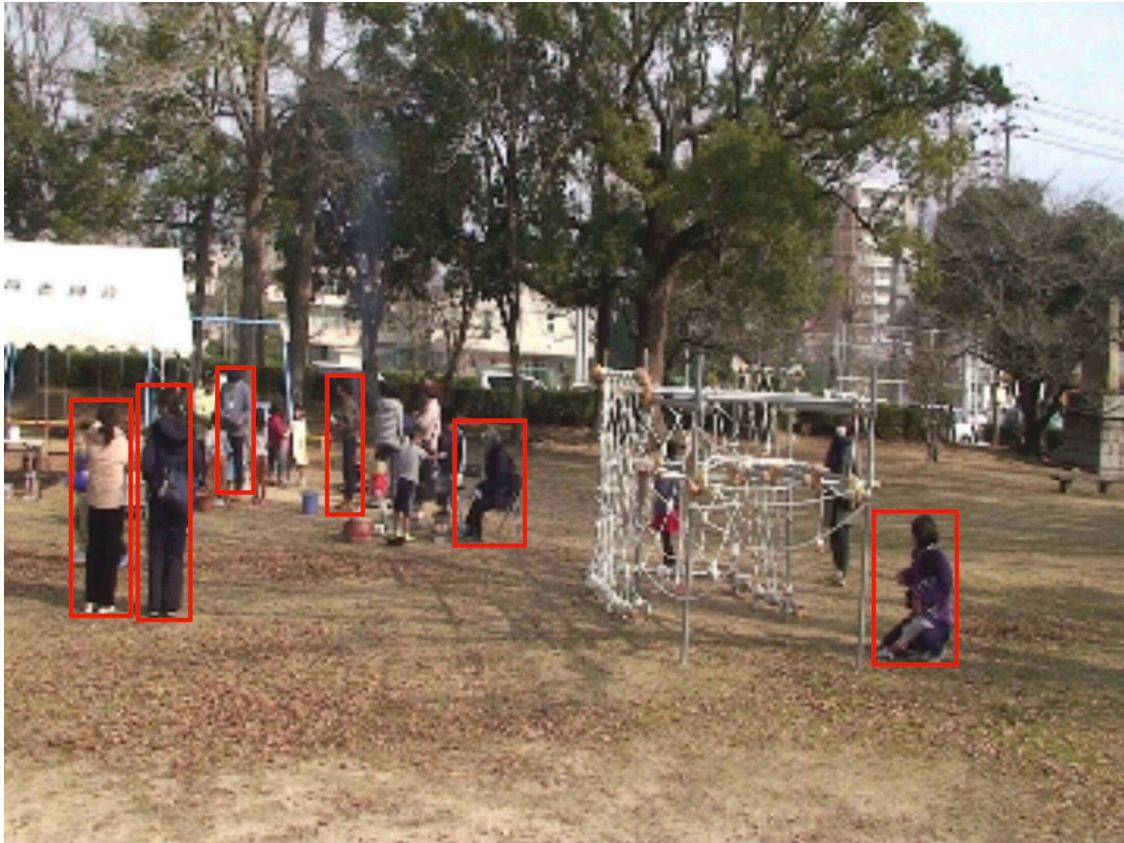


図 37 範囲制限なしでトレーニングしたときの識別画像例

YOLOv5 が範囲を限定せずに学習した後、写真中の人物を認識した例で、赤枠が人物の識別に成功した結果を示した。本例では、標的領域のヤグラ内の人物は認識されておらず、標的外の領域でのみ人物識別が成功している例。

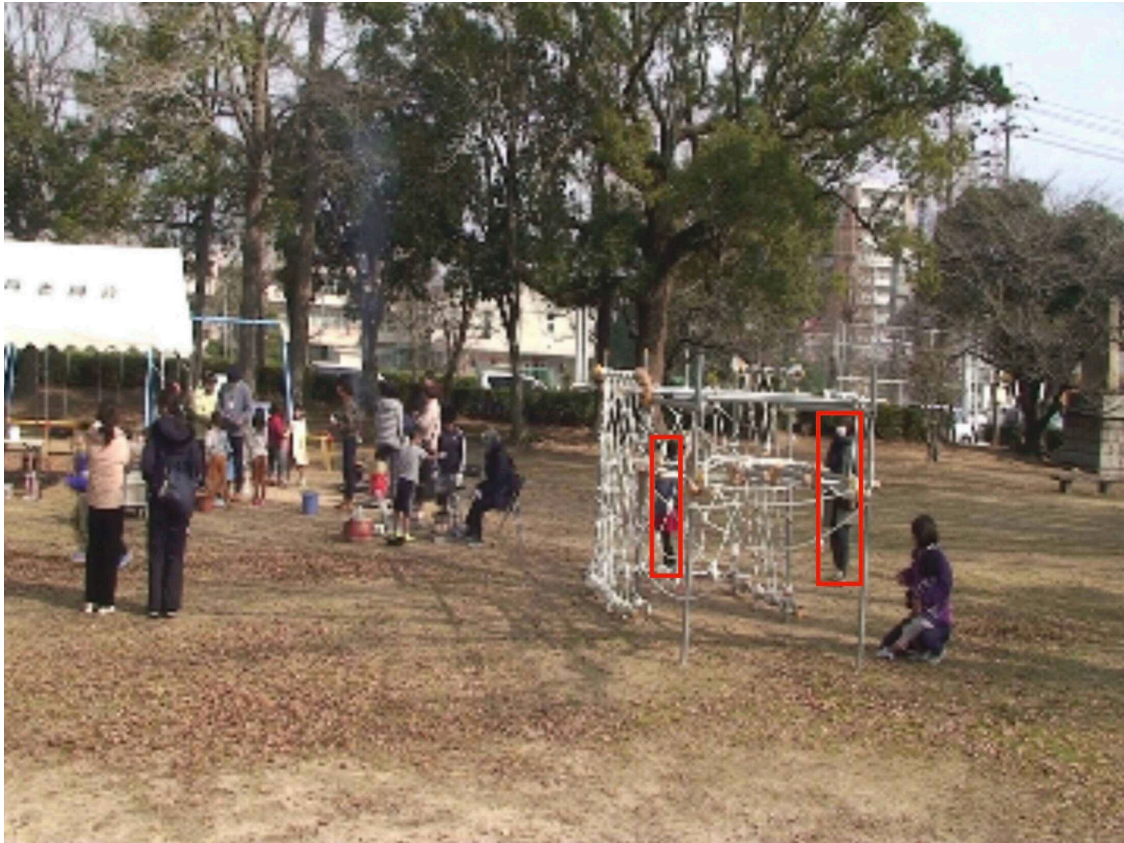


図 38 標的領域範囲特定制限トレーニング識別例

YOLOv5 が標的領域の限られた範囲（図右構造：ヤグラ）の学習過程を経た後に、写真中のヤグラ内の人物を認識した例で、赤枠が人物の位置を示した。

3.2.5.9 識別率の比較検証

動画データ中の識別人数について、6-5-7 の 4 条件で得る人数、および、手動認識人数を正解母集団とする、他 3 条件の識別人数の割合の算出を伴い

- 対象（ヤグラ内外）範囲
- 排除すべき非対象範囲（ヤグラ内外以外）
- (1) + (2) 全画面

以上の3条件の比較を行うことで、検証および再現性評価を試みる。

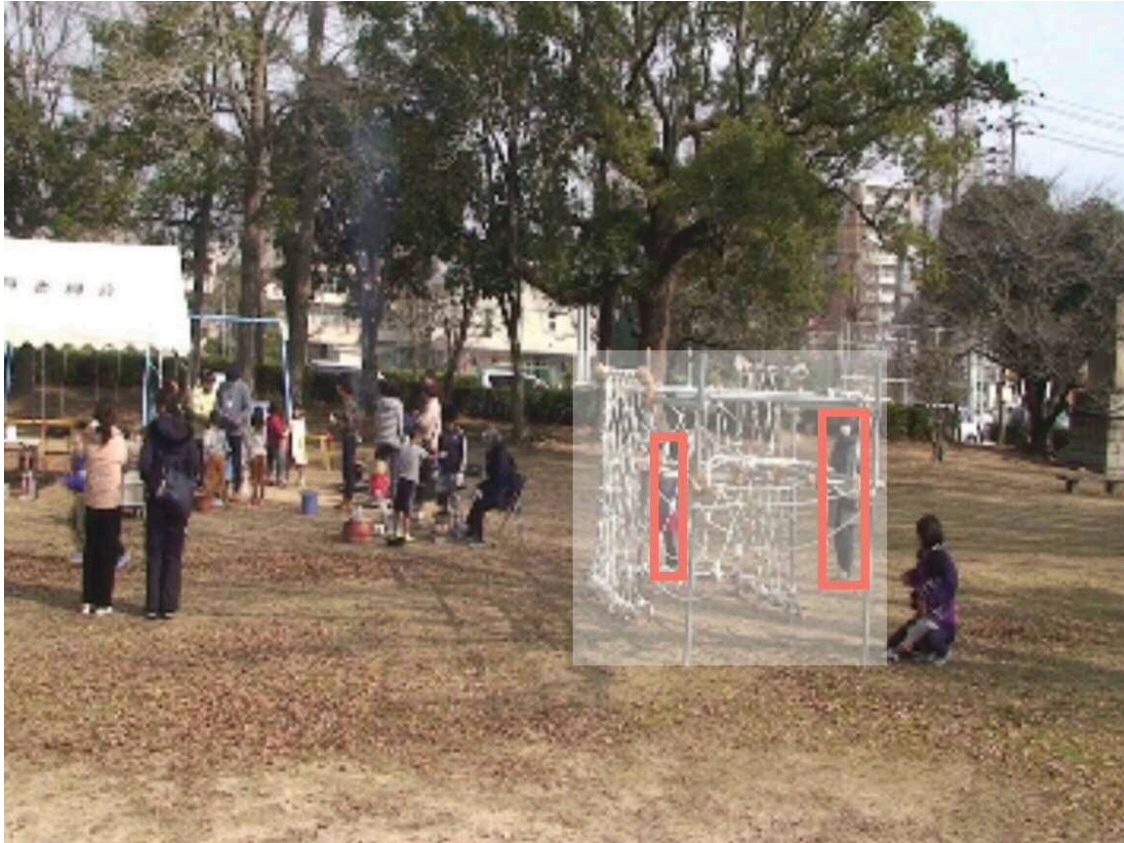


図 39 識別範囲例 対象（ヤグラ内外）範囲

この図は、制限された範囲を示しており、途中の白色四角領域の中にターゲットエリアを設定した。

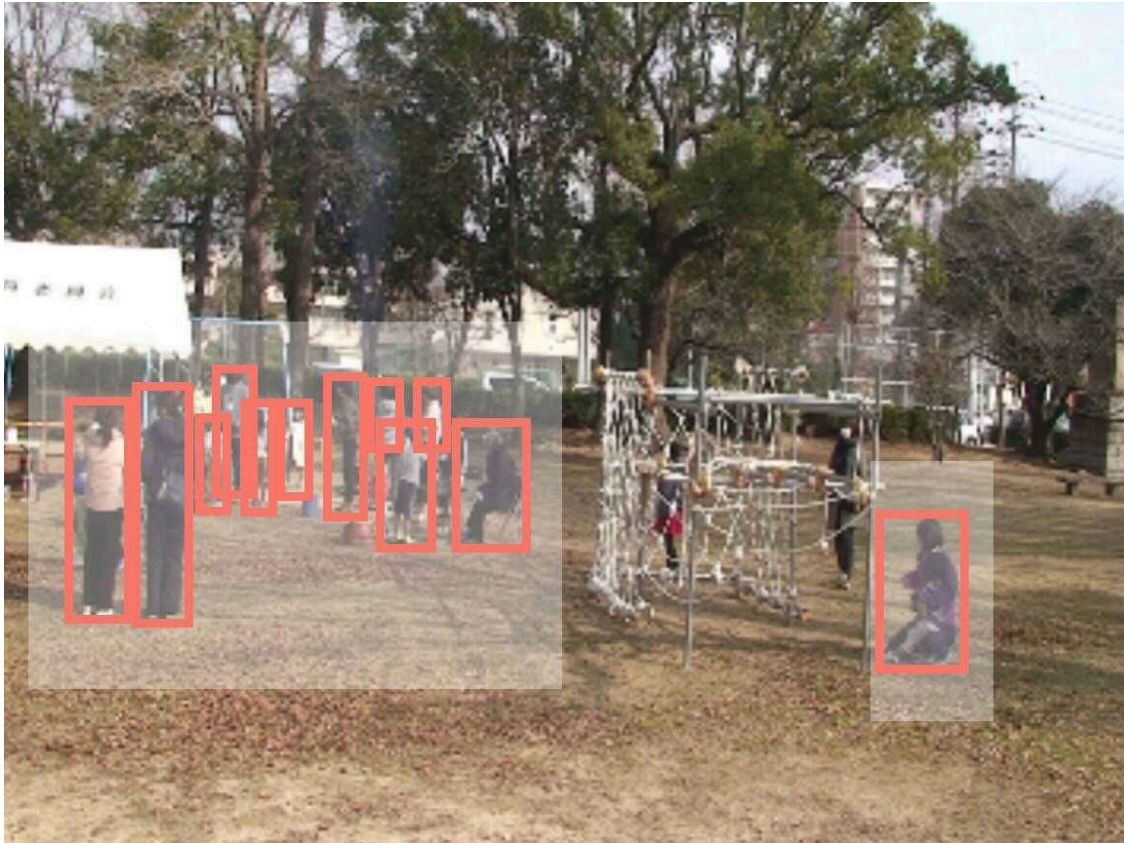


図 40 識別範囲外の排除対象例

排除すべき非対象範囲（ヤグラ内外以外）。遠近が一定範囲を超える人物も排除される傾向が認められた。

3.2.5.10 損失関数等の学習評価指標

True/False、Positive / Negative の混同行列から次の4指標を定義する。

TP: True Positive ひとがいることを正しく識別した確率

FP: False Positive ひとがないのにひとと誤識別した確率

TN: True Negative ひとがいるのに見逃す確率

FN: False Negative ひとがないことを正しくいないと識別する確率

box_loss の計算式は CIoU (Intersection over Union) (Complete-IoU)

$$\mathcal{L}_{CIoU} = 1 - IoU + \frac{\rho^2(\mathbf{b}, \mathbf{b}^{gt})}{c^2} + \alpha v$$

ここで、 $\rho^2(\mathbf{b}, \mathbf{b}^{gt})$ は予測されたボックスの中心と真のボックスの中心とのユークリッド距離を示し、 c は最小の閉領域間の対角距離を表す。

Obj_loss の計算は BCEWithLogitsLoss、Sigmoid 関数と BCELoss で組み合わせた。BCELoss (交差エントロピー誤差 Binary Cross Entropy Loss) の計算は

$$-\frac{1}{n} \sum (y_n \times \ln x_n + (1 - y_n) \times \ln(1 - x_n))$$

適合率 Precision = TP / (TP + FP)

平均適合率 AP (Average Precision) $AP = \int p(r) dr$

Recall () の計算式は

Recall = TP / (TP + FN)

mAP (mean Average Precision) の計算式は

$$mAP = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n AP_i$$

* 計算式文献 : Shu-Jun Ji, Qing-Hua Ling, Fei Han, An improved algorithm for small object detection based on YOLO v4 and multi-scale contextual information. Computers and Electrical Engineering Volume 105, January 2023

3.3 結果

3.3.1 トレーニング結果

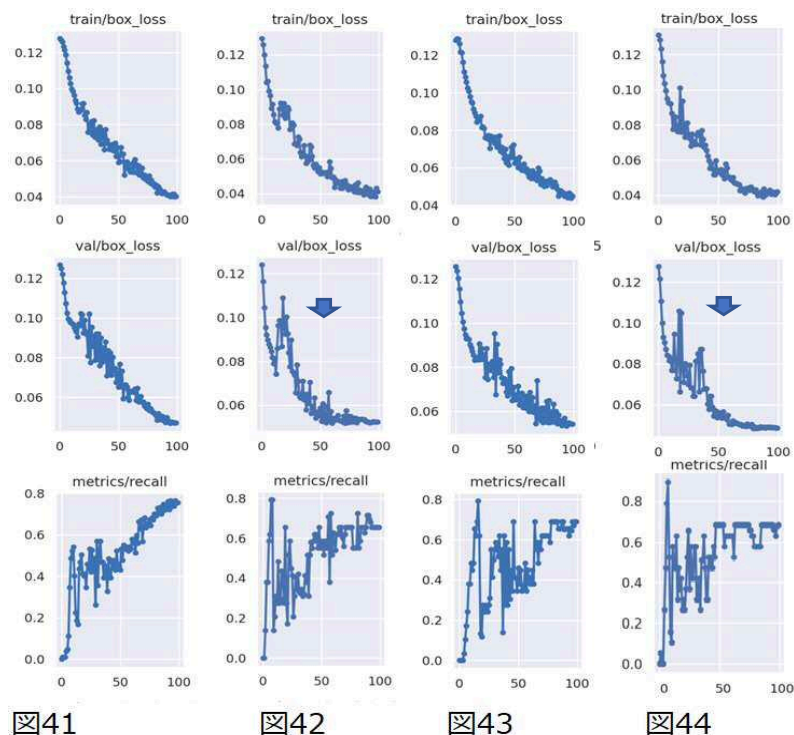


図 41-44 初期トレーニングの比較結果：人の重複や存在有無

トレーニング 20 枚、検証 validation 20 枚、test 10 枚に対するオブジェクト範囲が対象のヤグラおよび周囲の範囲制限条件で学習を行い、次の 4 条件比較結果を示す。横軸はトレーニング回数、縦軸は割合を示す。認識ボックスのトレーニングにおける損失率（上）、認識ボックスの検証における損失率（中）、および、正解率（下）を示す。

図 41 はヤグラ内で人同士が重複するデータを含む（人不在例が少ない）、

図 42 はヤグラ内で人同士の重複データを削減（人不在例が少ない）、

図 43 はヤグラ内の人同士が重複するデータを含み、人不在例が多い、

図 44 は図 42 条件かつ全データに人が存在。 以上の条件比較を行った。

その結果、全体にトレーニング回数の増加に伴い、認識フレームの損失が少なくなり（上中段）、正解率が高くなること（下段）が確認された。

条件間比較では、特に検証 validation（中段）において、ヤグラ内の人同士の重複データを回避した条件である図 42、および、図 44 において、50 回を超える程度の学習回数で、識別ボックスの識別ミスが最低レベルに到達し、図 41 条件および図 43 条件より少ない学習回数で学習最適化が起こることが示され、学習効率の向上傾向を認めた（図 42, 44 内の青矢印）。

3.3.2 標的領域トレーニング識別と比較

次に、前項で試行確認した 4 条件のうち、

図 43 条件（低条件データ：ヤグラ内の人同士の重複や人不在データを含む）

図 44 条件（高条件データ：ヤグラ内の人同士の重複が無く人が必ず存在）

の比較について、YOLOv5 に係わる次の三つの学習条件の比較検討を行った（図 45）。

- 初期非学習状態 (before training)
- 全領域 (training of all area)
- 標的領域 (training of target area)

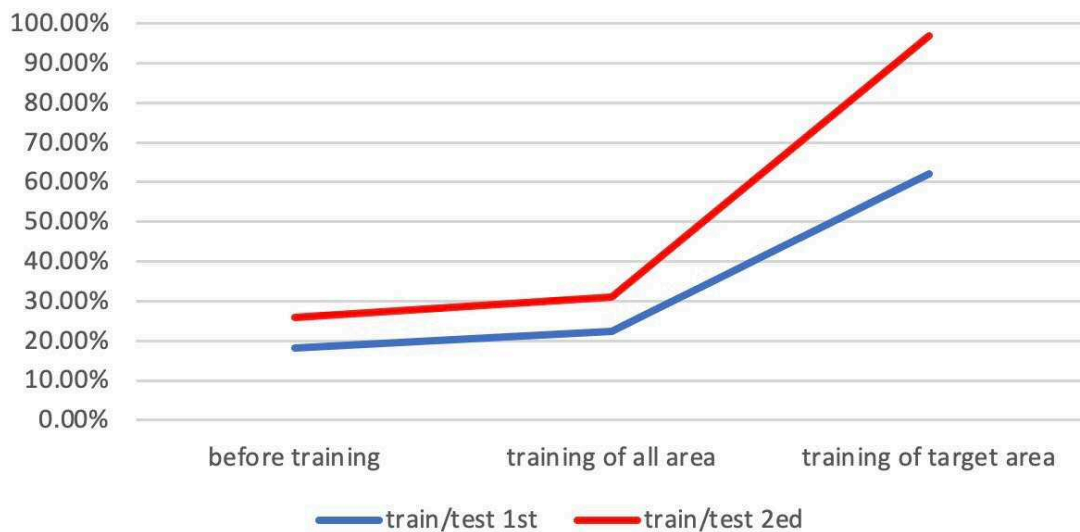


図 45 トレーニング前後の対象領域認識能力の比較図

横軸は訓練前 (before training) 、全領域を対象とする非制限領域での訓練後(training of all area)、標的領域 (ヤグラ) の制限領域での訓練後の認識能力 (training of target area) 、縦軸は正答率を示す。正答率は、AI による認識結果を手動による認識結果の正解で割った割合で、値が大きいほど対象領域に対する認識が良好であることを示す。正解率 70%以下を除外とした

(条件の概要) 学習データ 50 枚、識別データ 50 枚

train/test 1st: ヤグラ内の人を前後重複や人不在データを含む

train/test 2nd: ヤグラ内の人を前後重複が無く全データに人が存在

本結果では、ヤグラ内の人を前後重複が無く、全データに人が存在する train/test 2nd 条件で、学習正答率が 9 割を超え、train/test 1st 群でも 6 割を超える、ヤグラ内人物識別の正答率を得ることができた。

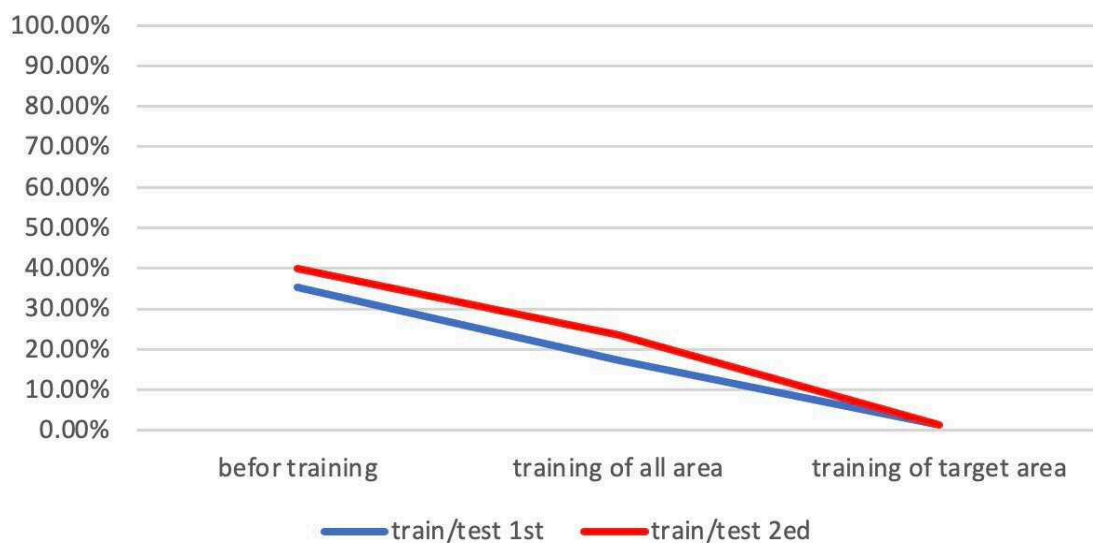


図 46 トレーニング前後の非対象領域の認識能力の比較図

横軸は図 45 と同様に、訓練前、非制限領域での訓練後、制限領域での訓練後の認識能力、縦軸は非対称領域（ヤグラ領域以外）の人物識別の正答率を示す。正答率は、AI による認識結果を手動による認識結果の正解数で割った割合。値が小さいほど、非対象領域の人物を認識しない、つまり対象領域外の対象に対する排除能力が強いことを意味し、低い割合ほど望ましい。

（条件の概要）学習データ 50 枚、識別データ 50 枚

train/test 1st: ヤグラ内の人の前後重複や人不在データを含む

train/test 2nd: ヤグラ内の人の前後重複が無く全データに人が存在

本結果では、ヤグラ内の人の前後重複や人の存在有無の両条件に係わらず、標的領域学習により、標的領域外の人物識別が排除でき、全領域対象においても概ね同様の 30%の領域外の混入が条件間で差異が少なかった。

3.3.3 結果識別例

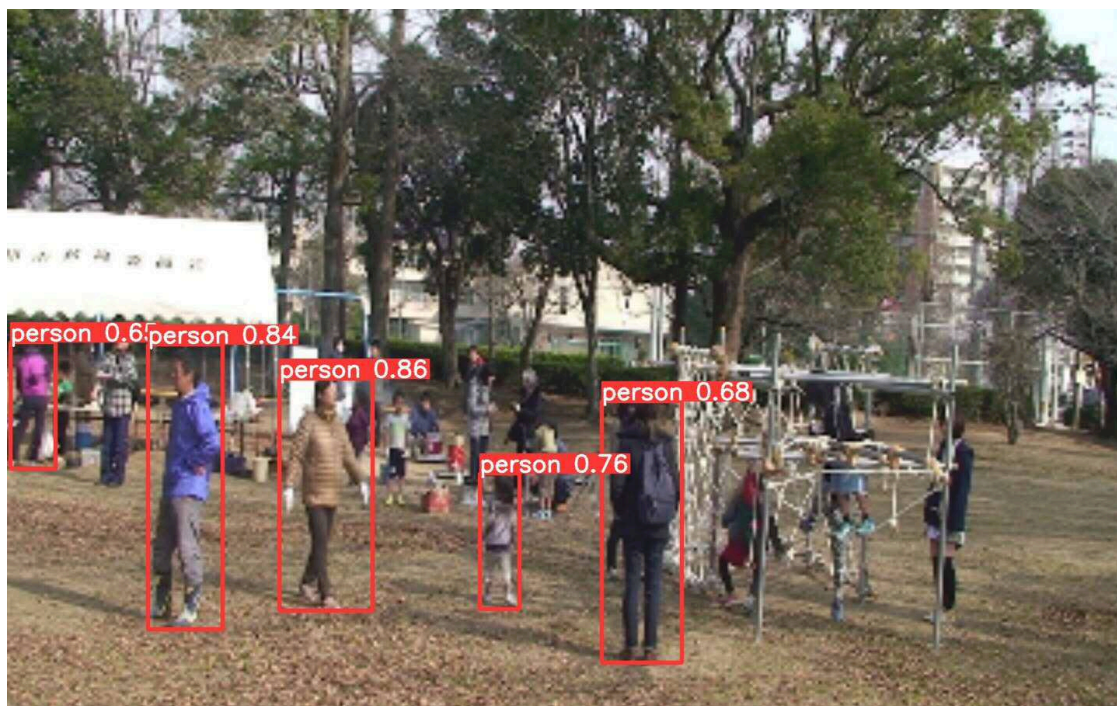


図 47 トレーニング前の識別例

学習前の YOLOv5 の認識例、赤枠が認識ボックス。

以上の結果の識別ボックスを伴う実画像例を示す。図 47 はトレーニング前の識別例で、対象領域ヤグラ内の人物識別は失敗し、非対象領域であるヤグラ以外の人物のみ、複数人の識別がみられる。

一方、図 48 ではトレーニング後の識別の例を示す。

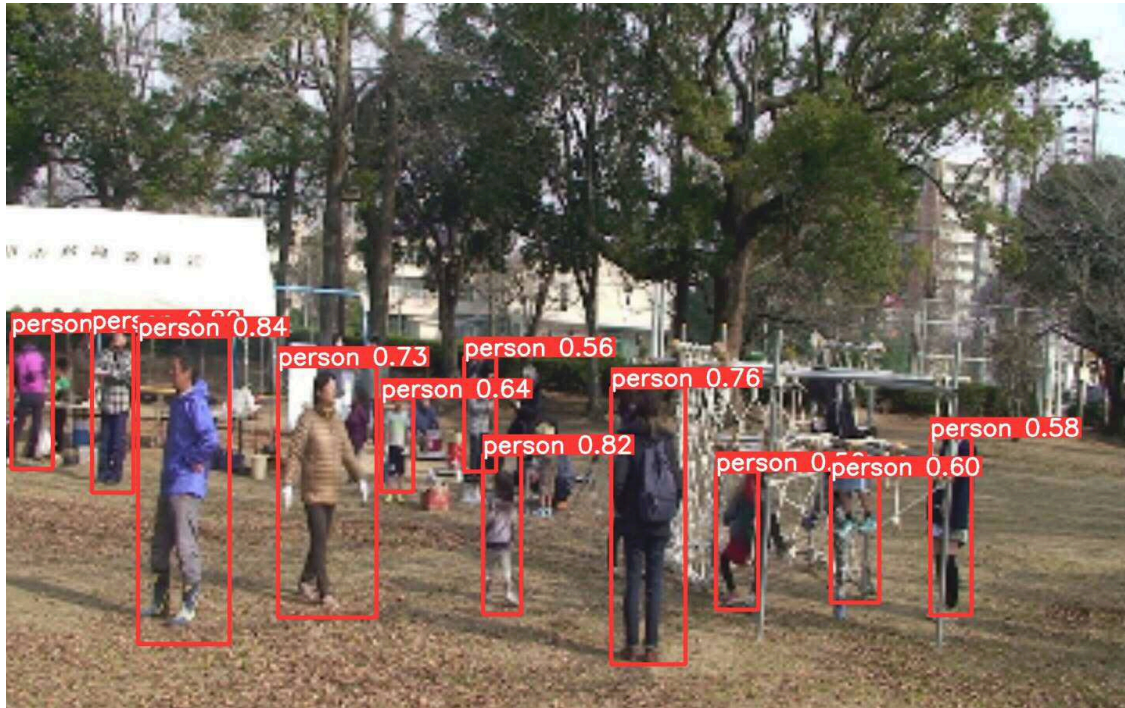


図 48 範囲制限なしトレーニング後の識別例

学習前の図 47 と比較して、画像の全領域を対象とする AI による学習後の結果（図 46）は同画像のオブジェクトと設定したヤグラ内外に重なる人物や周囲の人物を比較的認識できているが、ヤグラ内の人物の一部の識別に失敗していることを示している。

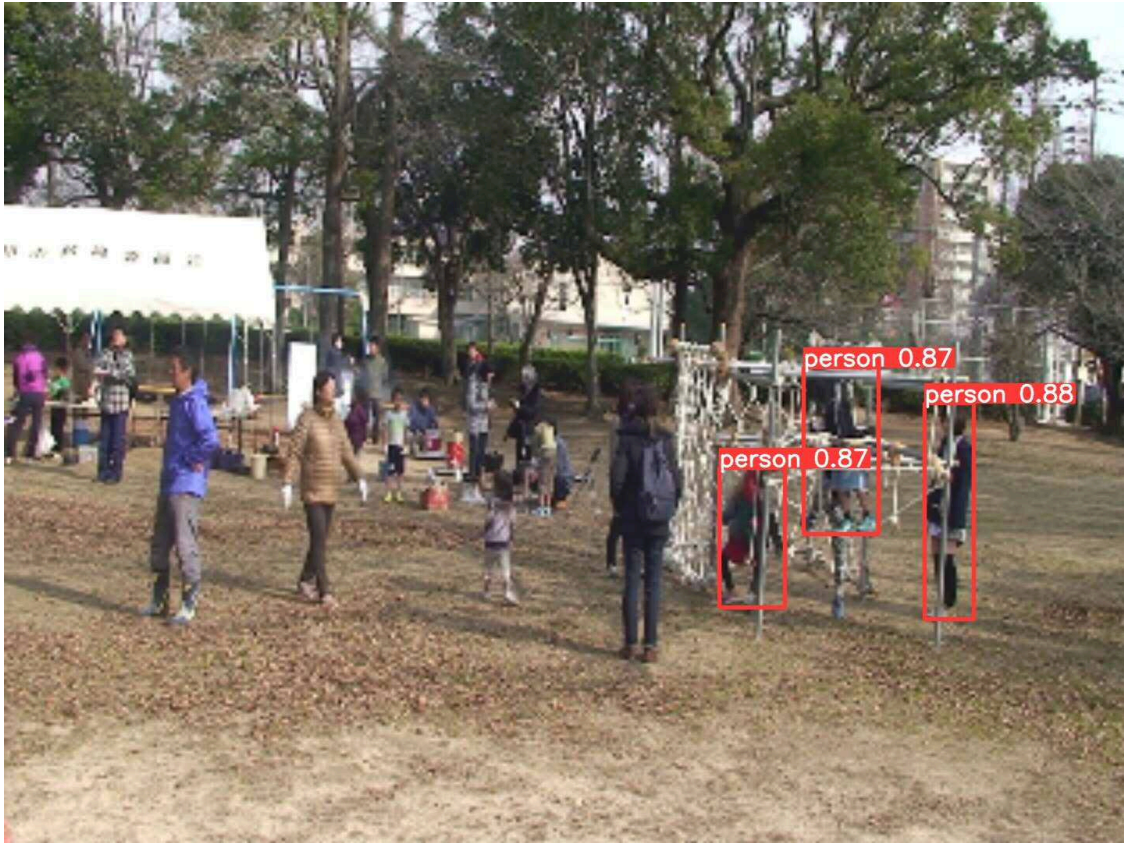


図 49 範囲制限トレーニング後の識別例

学習前の図 47 や、画像全領域を対象に学習した図 48 と比較して、AI による対象領域のヤグラ範囲制限学習後の結果（図 49）は、ヤグラ範囲内や周囲の標的が特定でき、標的範囲外のターゲットは除外され、より目標とする識別効率の向上が認められた画像例。

3.4 考 察

3.4.1 トレーニング・データのサンプル数が少ない解析

画像分類とは、画像や画像中の物体をあらかじめ定義したカテゴリのいずれかに分類する作業である。この問題は通常、大規模なラベル付きデータセットでモデルを学習させる教師あり機械学習や深層学習アルゴリズムの助けを借りて解決される[33, 34, 35, 36]。我々はデータサンプル数が少ない対象の解析のため、少数回数で多人数調査を行うケースであることが、本研究アプローチの難関点である。今回の学習では、1シーンに使用するデータ量は全50枚であり、認識比較の結果、このデータ量であれば、正しいフィルタリングと処理で正答率を60%以上に高めることができたと考えている（図45：低条件データ：train/test 1st (training of target area)）。同様なデータを対象に今後の未知データに適用する場合、一定の識別有効性を示唆した可能性を得たと考えている（図41-45）。このことから、以降の分析応用の際には学習用の画像データを用意するにあたり、50個の学習データ数が基本的な目標数量設定、と予測しているが、本研究は予備検討初頭のため、今後のさらなる検討を重ねる必要がある。

3.4.2 ぼやけた画像の位置決め問題

YOLOにおけるオブジェクトの位置識別 localize は、画像/フレーム内の1つまたは複数のオブジェクトの位置を、オブジェクトの周囲の矩形ボックス（バウンディングボックス）を用いて決定する作業である。物体検出は、分類、位

置特定、セグメンテーションの組み合わせと考えられている。画像中の単一または複数の物体を正しく分類し、効果的に位置を特定する作業である[36]。

localize の難易度は、データがぼやけてきていること[34, 36]、我々のタスクでは、認識するオブジェクトは人間のみという一種類なので（YOLO は他に複数種の物体識別モデルを初期値に有し学習も可能）、学習結果は train/box_loss の bounding box の学習データ（図 41-44）に条件検討数を重ねることで、学習が進むにつれ、train/box_loss が減少していることが分かった。検証ごとに損失が小さくなっていくので、バウンディングボックスの精度が上がっていくことになる。つまり、データのぼかしは学習に影響せず、適度なぼかし（我々のデータでは 0.25 倍）が入ったデータを使って学習し、望ましい結果を得ることが十分可能であると考察している。

3.4.3 前景と背景のクラスの不均衡

一般的な学習では、インスタンスの異なるクラス間の不均衡や不釣り合いは、モデルの性能に深刻な影響を与える可能性がある[36, 37, 38]。すなわち、大きさの異なる物体は共に同じクラスとして分類されるが、我々の学習では、カメラに近すぎる場所にいる人や特に遠い場所にいる人は除外されることが多いので、これはかえって利用できる想定外の利点になった(図 40)。そこで、一般的なトレーニングでは不利となるこの特徴を生かして、標的範囲を限定したト

レーニングを加えて行うことで、より識別率を向上させる目的を達成することができたことは、本動画データ対象ならではの特徴かもしれない。

3.4.4 計算能力の必要性

深層学習における物体検出アルゴリズムは、計算のためのより大きなデータセット、アノテーションのための労働集約的な方法、処理のための強力な計算機資源を必要とする[39]。本研究ではスモールデータの利用のため、労働力の消費量は特に多くないことが後押しした一つの利点であることが考えられた。慣れない操作時でのテスト前のオフライントレーニングでは、使用したパソコンが相当回数クラッシュしたため、後の段階でオンライントレーニングを選択することに変更したが、その経過を通じてトレーニングに十分な機能が得られ、有効性が確認できた。標的遊具内では識別が困難だった人物の識別について、トレーニングを施すことで基本的な目的が達成され、オフライントレーニングのコンピュータの演算能力不足の問題を、オンラインにより解決することができた例となった。

3.4.5 定性的方法と定量的方法のバランス

我々の研究は、記録ビデオを人の目視識別で定量する定性成分が混在する分析であることの再現定量性の問題から始まった。1章において、ウォータースライド上での子どもの行動の特徴や、子どもの行動に対するウォータースライドの違いの寄与を分析したデータを取得し、子どもの内的概念の推移や子ども

の心理レベルの影響を定性的に予測することを経て、その定量データによる説明の可能性を得ることを経験した。さらに、再現的客観的な手法で、より大量の行動データを取得し定量分析することが叶えば、認知心理機能の状態推量の実用化手段となりえると予測している。経験豊富な研究者に依存するところが大きく、かなりの時間がかかる[25, 26]人の認知心理課題に対し、大量データ処理の速度を上げることができる定量的なアプローチへの現実的な移行を試み、その結果、関連するデータ分析への条件設定例を見出した。子どもの活動情報における高次元の心理活動の推量は困難さを予測されるが、データの加工・信号処理法の改良と定性的な分析との連携方策により高次元開発を行う必要があり、この実現を目指したいと考える。

3.4.6 問題点と改善点

図 41～44 の学習の結果で train/box_loss の全体傾向からわかるように学習回数を重ねるとともに認識ボックスの精度が向上し識別失敗率が低下し、metrics/recall からわかるように正答率が向上した。図 45 の結果で学習前の正答率 before training は 30%以下であるのに対し、全領域の学習後のデータ training of all area では、全体の認識率が若干向上したものの、対象領域の限定トレーニング training of target area により、train/test 2nd の結果が 90%を上回るなど、高い学習の有効性を得るためには、学習法の目的に合わせたデザインの的確な選択が重要であることがわかった。

3.4.6.1 繰り返されるデータの蓄積

同じ人物が、異なる写真に、同じ位置で、常時、動かずに繰り返し登場すると、トレーニングデータ学習の正答率が高い割には実際の識別率が低いというオーバーフィッティングになる傾向を認めた(非表示)。この問題を解決するために学習データから繰り返しの多い人物を削除したところ、改善を認めることができた。

今後、この方法を用いて、これまでのプレーパークデータの他の遊具や設定シーンの子どもや大人を認識するトレーニングを試行探索し、異なる条件にも対処し得る最適化法を探る予定である。

1章でプレーパークの創成遊具に遊ぶ子どもの行動分析上で課題となった再現定量的データ分析について、情報工学化時代の現在に鑑み、自らの研究にAIを活用することや、データ処理の高速化、プライバシーを考慮したうえでの計算処理のクラウド化により、機能推進と経済的コスト削減を端緒的な小規模の試行ではあるが、実現することができた。その結果、プログラミングやAI教育を次世代教育に取り入れる必要性にも気づくことができた。研究室では子どもたちのためのプログラミング教室とプレーパークの自然創成を融合した特有の教育イベントに発展的に応用展開し試作開催を進めている。本研究で到達したAI活用術を同活動内にも展開して行きたい。さらに、今後の目標は、グローバル化を伴う高速情報技術に拡張できるようにすることで、次世代の進化を領域を超えて共に拡張してみたい。筆者はこの、領域を超えた活動の困難さの苦

渋経験に何度も挫折を繰り返したが、ようやく入口に到達することができたことを、本博士論文の最大の結果と感じている。

3.5 結言

第一章でウォータースライダーの有効性を確認した、自主・創造・協働・克服の学びを促すプレーパークにおいて、同様に試作実践し検証結果を記録した遊具であるヤグラの記録動画を対象例に、複数の子どもの自動識別追跡技術による再現定量的手法の確立を目標とした。人や物の複数同時検出に優れている、深層学習の畳み込みニューラルネットワーク CNN に基づくアプリケーション YOLOv5 を、Python によりクラウド GPU である Google Colaboratory の無料範囲で作動させ、最適化条件を探索した。

その結果、子どもの遊び行動を対象とする分析上に特有な 3 課題である、①オンライン情報伝送における個人情報保護、②ヤグラ構造による機械識別攪乱の軽減、③外乱の多いフィールド記録データの不安定性に対する関心領域特定、について、人識別成功率が 8 割を超えるための設定条件を見出した。

社会性や心理状態の成長推移を推量し得る行動信号について、再現定量的に分析を行う技術基盤を準備することができたので、今後、同プレーパーク動画データの分析経験を積み重ねることから開始を予定し、準備状態に至った。

第4章 全体考察

教育系・文系など本研究者のように、すべての保護者や社会の多くの関心をもつ者で理工学領域外の者が子どもの成長・発達を調査・分析を行う場合、家庭環境[d1]、地域環境[d2]、家庭近くの公園施設、遊び場施設[dv3]などに焦点を当てるために、定量分析が極めて困難であり、これまであきらめられてきた対象を本研究では中心的に取り組んだ。個人の発達については、各人に固有な履歴に基づく精神的な健康[d4]、社会的な発達[d5]に相違があり、その共通性と相違性に焦点が当てられて来た。筆者の研究アプローチにおいても、子どもを対象とする教材開発において定量分析の方法論は未経験だった。しかし、複合領域化が進む現代において、工学系技術との融合展開の可能性が極めて高く、例えば子どもの身体発達や脳発達に関するデータを各種のセンサーや定量的健康診断技術により得た情報に伴い進展している[d6-d8]。

表4 プレーパークの実行状態比較

プレーパーク（場所）名	一日当たりの来場人数	事故申し立て有無	社会状況
黒石公園プレーパーク	約100名	無	特記無
琴崎公園プレーパーク	約100名	無	特記無
際波台公園プレーパーク	約100名	無	特記無
上宇部小学校プレーパーク	約100名	無	コロナ禍のため全イベントの中止期

本研究における4回のプレーパークでは、一日当たりの来場者はどっちにしても、平均100名以上になる。そしてこんなたくさんの人の来場に、事故申

し立ては一件もない、来場者の人たちは、きちんと自分で危険を自力で発見、制御できた結果になる。

そして、社会状況 4 回目のイベントはコロナの最中で行った、実はプレーパークのイベントの終了時期でもあるし、コロナで遊び場を失った子どもたちの嘆きを助きたい自治会の皆さんの心からの招聘で、我々のプレーパークが実施された、この誘いが今までのプレーパークの思想や考えを地元の人に十分伝わっていると考える、こんな危険を含まれるイベントの意義を十分理解できた人が増えたと考えられる、いかに僕たちのイベントは地域の生育環境に大事な要素を提供することが共感してくれる、これは成功の根拠と考えられる。

子どもの成長には、心理的な発達と身体的な発達の双方向を結ぶ考え方が重要な意味を持つと考える。社会における教育領域などの実践において、この具体的な子どもの身体的発達と心理的な発達の各膨大量情報を考慮することが求められており、その処理は決して容易ではなく、多くの教育者・専門家の力量にも限界が多い分野であると想像される。

幼児期は、神経系の発達が最も速く、将来にわたり基盤的に機能する多様な潜在能力を培うことが重要であるが[d9-11]、そのメカニズムや方法論は未だに多くが不明で未完成である。特に発達早期の教育の核心は、子どもの脳の発達と人格の成長を「活性化」する教育的な“栄養のある環境”を提供し、子どもの将来の成長のための強固な基礎を築く必要があることは多くの教育者のコンセンサスである。子どもにとり 遊びは学びであり、すべての子どもの権利であり仕事である[d12]。教育で大切な考慮は、子ども同士に「自分で自分を良く

する力」を与えることである。彼らの内面的、自発的、能動的な学習や勉強が重要であり、本研究の実施目標と設定し、実行した。

無論、自主性に任せ放置することは問題があり、幼児期に、子どもたちがどのように社会に参加し、どのように社会と相互に生きていくかを学ぶ支え・導きを可能とさせる必要がある。未知なる世界や未来に対 c c する子どもの好奇心を高め、自身が望む人生を探求する自信を持つことができる自立を培う助けが重要と考えている。子ども自身の考えを尊重する。どんどん挑戦させてあげられるように、そして、子どもは間違いを犯すし、これからも何度も犯すので、その都度、間違いを見つけて修正し、自制心を高めて、問題や困難に自分で立ち向かえるようにする必要がある。

我々の研究は、子どもの問題を心理的・身体的な発達など多様な観点から、多様な研究手法でアプローチしていくことを目的としているので、一見まとまりがないように見えるが、そのアプローチを絶対やめない強い目標の方向性を常時探索したいと考えている。本研究においては、目標を定めすぎずに包括的アプローチでまず子どもに向き合い、子どもの能動性を引き出す介入術の探索から行って、多くの市民協力者により、これが成功したと考えている。まず、この最も困難と考えられていた遊び学びの実社会における達成は幸運であり、研究達成意義があったと考えている。そして、子どもたちの活動自身をできるだけ乱さない、影響を与えない分析系として、データ量の膨大さ、複雑さも兼ね備えているビデオ動画撮影情報の実用化技術の初頭に到達できたと考えている。多くの教育・医療関係者と連携し、技術開発の展開を今後、試みたい。

自主的決断を子どもに委ね、自己管理能力を養う必要を社会全体で考慮すべき、その社会のしくみの構築も重要な課題であると本研究を通して改めて認識した。集中し、静止することができる子どもは、自己を探求し、人生を認識し、内なる豊かさを経験し、その後の人生においてより成功する機会がある[d13]。その発達において、子どもは一度に3、4時間、他の子どもと一緒に遊んでいれば、もっと長くを一人で遊び、その振り返りを自己に育てている可能性がある。これは、駆け出しの自己管理能力、忍耐力、集中力、孤独、自分とうまく付き合う能力の始まりである[d14]。この新たな支援技術として古来の定性情報と新規な定量複雑情報の複雑性を恐れないデータ融合分析系[d15-30]を今後進めて行きたい。

静かな住居での生活の上に、子どもたちは自分の時間と注意を自己管理能力を涵養する必要があり、これは自己統制のための重要な能力で、そのような学びを促す、リスク環境と友人と共創し問題解決を目指すことを促す二つの遊具を本研究で開発し、その検証に向かう技術開発アプローチの初頭を報告した。最後に、子どもたちは解体作業と荷物運びを自身と他者の共有目標として実施してくれた、この偉大なる協力者に厚く御礼を述べたい。

第5章 全体結言

2022年度12月に発表された、日本の小中学校の一般学級で成育に問題を感じる割合が1割に迫るまでの増加の一途を示し、通級特別支援などの教育政策は、その強化を要する状況にある。中華人民共和国においても同様な課題がみられ、現代社会に子どもの成育環境要素の過不足の識別とその補完・支援術を見出すことは、地球の未来への喫緊の課題である。

成育環境の問題解決を目指す本研究は、この教育の深刻な問題状況に向き合い、嘗ては地球のハイリスクかつ魅力ある自然の中で子ども同士が豊かに相互作用する機会に満たされていたが、加速する都市化と社会文化の変容に伴い顕著に抑制された要素の可能性を仮説し、本要素の解決提案例として地域のリソースを活用した水流遊具の試作とフィールド実証を第一章の研究目標とした。実社会で子どもと市民と実践的に検証する方策として、プレーパークを本研究グループで主催するなか、申請者が主体的に仮設ウォータースライダーをデザイン・創成・検証の全過程を実行した。異なる開催地の特異的な地形や素材、参加する市民と、各所個性的に新たな創成に取り組み、その実施検証を行った。その結果、いずれの回でも、多数の子どもが自主的に互いに既知・未知に関わらず同時空間に集い、遊び続ける様子を観察した。目視を伴う運動量解析により、一つのウォータースライダーで際立った運動量を認め、子ども同士で自主的に生んだ遊び連携効果を認めた。

プレーパークの組み立て作業を専門業者に頼むことはしない。理由は、この組み立ての過程に学びを促す有意義な危険性を子どもたちに程よく経験してもらうためである。作り手となって実体験することで、デザインや構造の安全性や面白さを体得する可能性がある。ただし、安全管理として事前に組み立てたり、強度確認をする過程が必須であり、十分に安全確保を行った上で子どもによる組み立て参加を促すべきである。

Söyüncü らの報告では、トルコにおいて、水の遊び場における怪我の調査で、事故発生の場所は、ウォータースライダー (31.5%) が多かった、最も多くの外傷が発生したのは夏と報告している (58.9%) [d31]。なお、我々がウォータースライダーを特に遊具中に焦点を当てた理由は、やはり、子どもにとっての人気の高さが大きい。Deb Roy は、家中に複数設置したビデオカメラでわが子の成育の全記録により、初めて発話した単語が“water”であることを突き止めた [d32]。この様に水への嗜好は、人間の身体の主要成分が水であるように、生得的な遺伝子に刻印されたものだと想像される。さらには、仮設置における非日常性が加わり魅力は増すと想像される。

3章で、目標とする子どもの自主・創造・協働・克服の状態が生まれることが確認されたプレーパークの創成遊具の利用状態を、再現定量的に分析し、成長診断や成育支援システムに活用する開発のために、子どもの行動の2章と同様な遊具であるヤグラの利用中動画像記録データを対象として、人・物 AI 座標計量アプリケーションを活用した最適条件の探索を行った。深層学習の畳み込みニューラルネットワーク CNN に基づくアプリケーション YOLOv5 を、Python に

よりクラウド GPU である Google Colaboratory で作動させ、正解率 8 割以上をもたらす条件を探った結果、①個人情報保護、②遊具内の識別攪乱の軽減、③不安定なデータ画像対処、という三要素上で機能改良を確認した。

本研究では、次世代のこどもの自主・創造・協働・克服の基盤的機能の涵養を支援する成育サポート・システム開発を目指して、社会フィールド実証法と行動定量の有効性を 1 章で確認し、より高次の行動定量分析を実用化するための動画 AI アプリケーション活用条件を探索した。本研究開発の今後の入口に立てたかもしれないが、その検証を、これまで得られたプレーパークの動画データを対象に、1 章同様の多様かつ多数回に適用し、自主・創造・協働・克服の状態識別を定量再現的に捉える予定である。

謝辞

宇部市の参加者の皆様に感謝を申し上げます。プレーパークのイベントは、宇部市の皆様、黒石、琴崎、際波台、上宇部の地区と小学校、自治会、そして、山口大学工学部ものづくり創成センターの協力を得て実施することができました。

両親の経済的及び精神的なサポートに感謝いたします。

主査の小柴満美子先生のこまめな指摘と保護下さり、誠に有難うございました。

副査の齊藤俊先生、合田公一先生、大木順司先生、古賀毅先生には有意義なご指導を下さり、誠に有難うございました。

利益相反 COI に係わる開示

本原稿に関連する利益相反はないことを宣言申し上げます。

参考文献

<包括緒言>

- [s01] McCraty R, Deyhle A, Childre D. The global coherence initiative: creating a coherent planetary standing wave. *Glob Adv Health Med*. 2012 Mar;1(1):64-77.
- [s02] Armstrong BG, Gasparrini A, Tobias A, Sera F. Sample size issues in time series regressions of counts on environmental exposures. *BMC Med Res Methodol*. 2020 Jan 28;20(1):15.
- [s03] Tong Y, Liu J, Yu L, Zhang L, Sun L, Li W, Ning X, Xu J, Qin H, Cai Q. Technology investigation on time series classification and prediction. *PeerJ Comput Sci*. 2022 May 18;8:e982.
- [s04] Zellner M, Abbas AE, Budescu DV, Galstyan A. A survey of human judgement and quantitative forecasting methods. *R Soc Open Sci*. 2021 Feb 24;8(2):201187.
- [s05] Alhasan M, Hasaneen M. Digital imaging, technologies and artificial intelligence applications during COVID-19 pandemic. *Comput Med Imaging Graph*. 2021 Jul;91:101933.
- [s06] Voss C, Schwartz J, Daniels J, Kline A, Haber N, Washington P, Tariq Q, Robinson TN, Desai M, Phillips JM, Feinstein C, Winograd T, Wall DP. Effect of Wearable Digital Intervention for Improving Socialization in Children With Autism Spectrum Disorder: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Pediatr*. 2019 May 1;173(5):446-454.
- [s07] Jeste DV, Graham SA, Nguyen TT, Depp CA, Lee EE, Kim HC. Beyond artificial intelligence: exploring artificial wisdom. *Int Psychogeriatr*. 2020 Aug;32(8):993-1001.
- [s08] Johnson MTJ, Munshi-South J. Evolution of life in urban environments. *Science*. 2017 Nov 3;358(6363):eaam8327.
- [s09] Xiong W, Ollerton J, Liede-Schumann S, Zhao W, Jiang Q, Sun H, Liao W, You W. Specialized cockroach pollination in the rare and endangered plant *Vincetoxicum hainanense* in China. *Am J Bot*. 2020 Oct;107(10):1355-1365.
- [s10] Wetherby AM, Woods J, Guthrie W, Delehanty A, Brown JA, Morgan L, Holland RD, Schatschneider C, Lord C. Changing Developmental Trajectories of Toddlers With Autism Spectrum Disorder: Strategies for Bridging Research to Community Practice. *J Speech Lang Hear Res*. 2018 Nov 8;61(11):2615-2628.
- [s11] Lord C, Brugha TS, Charman T, Cusack J, Dumas G, Frazier T, Jones EJM, Jones RM, Pickles A, State MW, Taylor JL, Veenstra-VanderWeele J. Autism spectrum disorder. *Nat Rev Dis Primers*. 2020 Jan 16;6(1):5.

- [s12] LaSalle JM. Epigenomic signatures reveal mechanistic clues and predictive markers for autism spectrum disorder. *Mol Psychiatry*. 2023 Jan 17.
- [s13] Coussens M, Van Driessen E, De Baets S, Van Regenmortel J, Desoete A, Oostra A, Vanderstraeten G, Waelvelde HV, Van de Velde D. Parents' perspectives on participation of young children with attention deficit hyperactivity disorder, developmental coordination disorder, and/ or autism spectrum disorder: A systematic scoping review. *Child Care Health Dev*. 2020 Mar;46(2):232-243.
- [s14] Panisi C, Guerini FR, Abruzzo PM, Balzola F, Biava PM, Bolotta A, Brunero M, Burgio E, Chiara A, Clerici M, Croce L, Ferreri C, Giovannini N, Ghezzi A, Grossi E, Keller R, Manzotti A, Marini M, Migliore L, Moderato L, Moscone D, Mussap M, Parmeggiani A, Pasin V, Perotti M, Piras C, Saresella M, Stoccoro A, Toso T, Vacca RA, Vagni D, Vendemmia S, Villa L, Politi P, Fanos V. Autism Spectrum Disorder from the Womb to Adulthood: Suggestions for a Paradigm Shift. *J Pers Med*. 2021 Jan 25;11(2):70.
- [s15] Kelley AE, Schochet T, Landry CF. Risk taking and novelty seeking in adolescence: introduction to part I. *Ann N Y Acad Sci*. 2004 Jun;1021:27-32.
- [s16] 文部科学省、通常の学級に在籍する特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査、2022年
https://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/2022/1421569_00005.htm
- [s17] 文部科学省、特別支援教育の充実について、2022、
<https://www.mhlw.go.jp/content/000912090.pdf>
- [s18] 国立障害者リハビリテーションセンター、中国における発達障害者の権利保障と支援について、<http://www.rehab.go.jp/ddis/world/foreign/china/>
- [s19] 陳 依文、魏 梓羽、吉利 宗久、中華人民共和国の特殊教育における随班就読の実施状況とその課題、2022、岡山大学教師教育開発センター紀要第12号別冊 https://ousar.lib.okayama-u.ac.jp/files/public/6/63299/20220331140031425603/cted_012_075.pdf
- [s20] 呂 曉彤、中国における障害児のニーズ分析—中国障害者連合会調査結果を通して—、帝京科学大学紀要 Vol.8 (2012) pp.121-125
- [s21] 七田 怜, 呂 曉彤, 高橋 智、中国における障害児の「随班就読」の実態と課題—北京市の随班就読推進モデル小学校調査を通して—東京学芸大学紀要1部門 56 pp . 243-268, 2005
- [s22] Hunter RF, Cleland C, Cleary A, Droomers M, Wheeler BW, Sinnott D, Nieuwenhuijsen MJ, Braubach M. Environmental, health, wellbeing, social and equity effects of urban green space interventions: A meta-narrative evidence synthesis. *Environ Int*. 2019 Sep;130:104923.
- [s23] Brussoni M, Brunelle S, Pike I, Sandseter EB, Herrington S, Turner H, Belair S, Logan L, Fuselli P, Ball DJ. Can child injury prevention include healthy risk promotion? *Inj Prev*. 2015 Oct;21(5):344-7.

- [s24] Perry MA, Devan H, Fitzgerald H, Han K, Liu LT, Rouse J. Accessibility and usability of parks and playgrounds. *Disabil Health J*. 2018 Apr;11(2):221-229.
- [s25] Kleppe, R., (2018). Affordances of 1- to 3-year-olds' risky play in Early Childhood Education and Care. *Journal of Early Childhood Research*, 16(2):1476718X1876223
- [s26] Nesbit RJ, Bagnall CL, Harvey K, Dodd HF. Perceived Barriers and Facilitators of Adventurous Play in Schools: A Qualitative Systematic Review. *Children (Basel)*. 2021 Aug 7;8(8):681.
- [s27] Jerebine A, Fitton-Davies K, Lander N, Eyre ELJ, Duncan MJ, Barnett LM. "All the fun stuff, the teachers say, 'that's dangerous!'" Hearing from children on safety and risk in active play in schools: a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2022 Jun 25;19(1):72.
- [s28] Koshiba M, Karino G, Senoo A, Mimura K, Shirakawa Y, Fukushima Y, Obara S, Sekihara H, Ozawa S, Ikegami K, Ueda T, Yamanouchi H, Nakamura S. Peer attachment formation by systemic redox regulation with social training after a sensitive period. *Sci Rep*. 2013;3:2503.
- [s29] Brown DMY, Ross T, Leo J, Buliung RN, Shirazipour CH, Latimer-Cheung AE, Arbour-Nicitopoulos KP. A Scoping Review of Evidence-Informed Recommendations for Designing Inclusive Playgrounds. *Front Rehabil Sci*. 2021 May 24;2:664595.
- [s30] Inoue C, Hashimoto Y, Ohira M. Mothers' habitual smartphone use, infants during breastfeeding, and mother-infant bonding: A longitudinal study. *Nurs Health Sci*. 2021 Jun;23(2):506-515.
- [s31] McDaniel BT, Radesky JS. Longitudinal Associations Between Early Childhood Externalizing Behavior, Parenting Stress, and Child Media Use. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. 2020 Jun;23(6):384-391.
- [s32] The Programme for International Student Assessment (PISA), 2018, OECD, <https://www.oecd.org/pisa/publications/pisa-2018-results.htm>
- [s33] Jiahong Su, Yuchun Zhong, Artificial Intelligence (AI) in early childhood education: Curriculum design and future directions, *Computers and Education: Artificial Intelligence*, Volume 3, 2022.
- [s34] Narayan H. Gandedkar, Matthew T. Wong, M. Ali Darendeliler, Role of virtual reality (VR), augmented reality (AR) and artificial intelligence (AI) in tertiary education and research of orthodontics: An insight, *Seminars in Orthodontics*, Volume 27, Issue 2, 2021, Pages 69-77
- [s35] Ogihara Y, Kusumi T. The Developmental Trajectory of Self-Esteem Across the Life Span in Japan: Age Differences in Scores on the Rosenberg Self-Esteem Scale From Adolescence to Old Age. *Front Public Health*. 2020 Aug 6;8:132.
- [s36] Sly PD, Eskenazi B, Pronczuk J, Srám R, Diaz-Barriga F, Machin DG, Carpenter DO, Surdu S, Meslin EM. Ethical issues in measuring

biomarkers in children's environmental health. *Environ Health Perspect.* 2009 Aug;117(8):1185-90.

< 一 章 >

- [1] S. Tei *et al.*, “Decision flexibilities in autism spectrum disorder: an fMRI study of moral dilemmas,” no. August 2021, pp. 1–8, 2022.
- [2] M. Koshihara *et al.*, “A cross-species socio-emotional behaviour development revealed by a multivariate analysis,” *Sci. Rep.*, vol. 3, 2013.
- [3] “Hokkaido birth cohort study on environment and children’s health cohort profile 2021 Enhanced Reader.pdf.”
- [4] A. Schleicher, “OECD Programme for International Student Assessment 2018,” *Japanese J. Anesthesiol.*, vol. 64, no. 1, pp. 12–17, 2018.
- [5] A. Lund, H. Haugen, S. Lund, and K. Riiser, “Physical activity of first graders in Norwegian after-school programs: A relevant contribution to the development of motor competencies and learning of movements? Investigated utilizing a mixed methods approach,” pp. 1–16, 2020.
- [6] Z. Moula, K. Palmer, N. Walshe, C. Wood, and S. Waite, “A Systematic Review of Arts-Based Interventions Delivered to Children and Young People in Nature or Outdoor Spaces: Impact on Nature Connectedness, Health and Wellbeing,” vol. 13, no. March, 2022.
- [7] 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, 2016.
- [8] I. Fjørtoft, “The natural environment as a playground for children: The impact of outdoor play activities in pre-primary school children,” *Early Child. Educ. J.*, vol. 29, no. 2, pp. 111–117, 2001.
- [9] A. J. Chaney, “Effects of Nature Play in Early Childhood Education,” 2021.
- [10] K. Dowdell, T. Gray, and K. Malone, “Nature and its Influence on Children’s Outdoor Play,” *J. Outdoor Environ. Educ.*, vol. 15, no. 2, pp. 24–35, 2011.
- [11] N. Kemp and J. Josephidou, “Babies and toddlers outdoors: a narrative review of the literature on provision for under twos in ECEC settings,” *Early Years*, vol. 00, no. 00, pp. 1–14, 2021.
- [12] U. D. of Education, “Helping your child become a responsible citizen,” *US Dep. Educ.*, pp. 4–5, 2005.
- [13] T. K. Hensch, “Critical period plasticity in local cortical circuits,” *Nat. Rev. Neurosci.*, vol. 6, no. 11, pp. 877–888, 2005.
- [14] R. Nardou *et al.*, “Oxytocin-dependent reopening of a social reward learning critical period with MDMA,” *Nature*, vol. 569, no. 7754, pp. 116–120, 2019.
- [15] M. Koshihara *et al.*, “Peer attachment formation by systemic redox regulation with social training after a sensitive period,” *Sci. Rep.*, vol. 3, 2013.
- [16] M. Koshihara *et al.*, “A Susceptible Period of Photic Day-Night Rhythm Loss in Common Marmoset Social Behavior Development,” *Front. Behav. Neurosci.*, vol. 14, no. 11, pp. 1–10, 2021.
- [17] Learning & Teaching Scotland, “Curriculum for Excellence through Outdoor Learning,” 2010.
- [18] S. Shozo, “Bamboo resources for new usage in Japan Present Situation of Bamboo Usage in Japan,” *10th World Bamboo Congr. Korea*, 2015.
- [19] OECD, “Combatting COVID-19’s effect on children,” *Tackling Coronavirus Contrib. to a Glob. effort*, no. May, pp. 1–41, 2020.
- [20] D. Brooks *et al.*, “PLAYGROUND AND Division of Early Childhood Development.”
- [21] U.S. CPSC, “Public Playground Safety Handbook (publication 325),” 2015.

- [22] “of Elastic-Plastic Problems of the Method Stress Analysis by the p-Version Finite Element.”
- [23] M. Fiedler, “Understanding and Improving Your Results in Fusion 360 Simulation,” pp. 1–53.
- [24] L. B. Vincent, D. Openden, J. A. Gentry, L. A. Long, and N. L. Matthews, “Promoting Social Learning at Recess for Children with ASD and Related Social Challenges,” *Behavior Analysis in Practice*, vol. 11, no. 1. pp. 19–33, 2018.

<二 章>

- [25] Shin-Yi Wang, Ying Cui. Rauno Parrila. Examining the effectiveness of peer-mediated and video-modeling social skills interventions for children with autism spectrum disorders: A meta-analysis in single-case research using HLM. *Research in Autism Spectrum Disorders* 5, 562-569 ,2011.
- [26] Carlos Penilla, Jeanne M Tschann, Lauri A Pasch , Elena Flores , Julianna Dearnorff , Suzanna M Martinez , Nancy F Butte , Louise C Greenspan Style of meal service and feeding practices among Mexican American fathers and mothers: An analysis of video-recorded children's evening mealtime at home. *Appetite* 169 ,2022.
- [27] Jonathan M.Miller,Yingling Fan,Nancy E.Sherwood,Theresa Osypuk,SimoneFrench. Are low- income children more physically active when they live in homes with bigger yards? A longitudinal analysis of the NET-Works Study. *Health & Place* 63,2020.
- [28] Fabian Marcel Rast MSc,Rob Labruyère PhDab. Concurrent Validity of Different Sensor-Based Measures: Activity Counts Do Not Reflect Functional Hand Use in Children and Adolescents With Upper Limb Impairments. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 103,1967-1974,2022.
- [29] S.D'Souzaa,A.Z.Nguyen, Normative lower-body gait kinematics of children based on observational video analysis,*Gait & Posture* 97, S128-129,2022.
- [30] Sardoğan C, Muammer R, Akalan NE, Sert R, Bilgili F. Determining the relationship between the impairment of selective voluntary motor control and gait deviations in children with cerebral palsy using simple video-based analyses. *Gait Posture* 90. 295-300,2021.
- [31] Jiangtao Qi, Xiangnan Liu, Kai Liu, Farong Xu, Hui Guo, Xinliang Tian, Mao Li, Zhiyuan Bao, Yang Li,An improved YOLOv5 model based on visual attention mechanism: Application to recognition of tomato virus disease,*Computers and Electronics in Agriculture* 194,2022.
- [32] Lanhui Fu, Fengyun Wu, Xiangjun Zou, Yinlong Jiang, Jiaquan Lin, Zhou Yang, Jieli Duan,Fast detection of banana bunches and stalks in the natural environment based on deep learning, *Computers and Electronics in Agriculture* 194,2022.
- [33] Linjie Xing, Xiaoyan Fan, Yaxin Dong, Zenghui Xiong, Lin Xing, Yang Yang, Haicheng Bai, Chengjiang Zhou,Multi-UAV cooperative system for search and rescue based on YOLOv5,*International Journal of Disaster Risk Reduction* 76,2022.
- [34] Gege Zhang, Luping Wang, Liang Wang, Zengping Chen,Hand-raising gesture detection in classroom with spatial context augmentation and dilated convolution, *Computers & Graphics* 110,151-161,2023.
- [35] P. Zhu, et al.,"Detection and Tracking Meet Drones Challenge" in *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence* 44, 7380-7399,2022.
- [36] Shu-Jun Ji, Qing-Hua Ling, Fei Han,An improved algorithm for small object

detection based on YOLO v4 and multi-scale contextual information, Computers and Electrical Engineering 105,2023.

- [37] Wang CY, Mark Liao HY, Wu YH, Chen PY, Hsieh JW, Yeh IH CSPNet: a new backbone that can enhance learning capability of CNN. In: Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition workshops, pp 390–391. 2020.
- [38] Zaytar MA, El Amrani C Sequence to sequence weather forecasting with long short-term memory recurrent neural networks. Int J Comput Appl 143(11):7–11, 2016.
- [39] Liu L, Ouyang W, Wang X, Fieguth P, Chen J, Liu X, Pietikäinen M Deep learning for generic object detection: a survey. Int J Comput Vis 128(2):261–318. 2020.

<Web 公開文献>

- [1] <https://github.com/ultralytics/yolov5>
- [2] <https://colab.research.google.com/?hl=ja>
- [3] <https://github.com/heartexlabs/labelImg>
- [4] <https://research.google.com/colaboratory/faq.html?hl=zh-CN>
- [5] <https://zh.wikipedia.org/zh-cn/Python>
- [6] <https://github.com/ultralytics/yolov5>

<全体考察>

- [d1] Kaja Jasińska, Benjamin Zinszer, Zizhuo Xu, Joelle Hannon, Axel Blahoua Seri, Fabrice Tanoh, Hermann Akpé, Home learning environment and physical development impact children's executive function development and literacy in rural Côte d'Ivoire, Cognitive Development, Volume 64, 2022,
- [d2] Dana M. Pettygrove, Stuart I. Hammond, Erin L. Karahuta, Whitney E. Waugh, Celia A. Brownell, From cleaning up to helping out: Parental socialization and children's early prosocial behavior, Infant Behavior and Development, Volume 36, Issue 4, 2013,
- [d3] Ru Zhang, Chun-Qing Zhang, Poh Chin Lai, Mei-Po Kwan, Park and neighbourhood environmental characteristics associated with park-based physical activity among children in a high-density city, Urban Forestry & Urban Greening, Volume 68, 2022,
- [d4] Simon J.C. Davies, Blanca Bolea-Alamanac, Kaori Endo, Yu Yamamoto, Syudo Yamasaki, Alex Malins, Jonathan Evans, Sarah Sullivan, Shuntaro Ando, Atsushi Nishida, Kiyoto Kasai, Urban factors and mental health symptoms in children of the Tokyo Early Adolescence Survey; impact of proximity to railway stations, Journal of Transport & Health, Volume 28, 2023, [d5] Annika von Steinkeller, Gerlind Grosse, Children are more social when playing analog games together

- than digital games, *Computers in Human Behavior Reports*, Volume 6, 2022,
- [d6] Ted K. Turesky, Talat Shama, Shahria Hafiz Kakon, Rashidul Haque, Nazrul Islam, Amala Someshwar, Borjan Gagoski, William A. Petri, Charles A. Nelson, Nadine Gaab, Brain morphometry and diminished physical growth in Bangladeshi children growing up in extreme poverty: A longitudinal study, *Developmental Cognitive Neuroscience*, Volume 52, 2021,
- [d7] Jack I. Lewis, Henrik Friis, Ezekiel Mupere, Jonathan C. Wells, Benedikte Grenov, Calibration of Bioelectrical Impedance Analysis Against Deuterium Dilution for Body Composition Assessment in Stunted Ugandan Children, *The Journal of Nutrition*, 2022,
- [d8] Sreelal TV, Anmol Bhatia, Deepti Suri, Surjit Singh, Akshay K. Saxena, Ting Y. Tao, Kushaljit Singh Sodhi, Whole-body MR imaging in evaluation of children with juvenile dermatomyositis, *European Journal of Radiology*, Volume 155, 2022,
- [d9] Susumu Yokota, Hikaru Takeuchi, Teruo Hashimoto, Hiroshi Hashizume, Kohei Asano, Michiko Asano, Yuko Sassa, Yasuyuki Taki, Ryuta Kawashima, Individual differences in cognitive performance and brain structure in typically developing children, *Developmental Cognitive Neuroscience*, Volume
- [d10] Ming-Lun Zou, Hsiao-Chun Huang, Yi-Hua Chen, Chuen-Bin Jiang, Chih-Da Wu, Shih-Chun Candice Lung, Ling-Chu Chien, Yu-Chun Lo, Hsing Jasmine Chao, Sex-differences in the effects of indoor air pollutants and household environment on preschool child cognitive development, *Science of The Total Environment*, Volume 860, 2023,
- [d11] Pamela Soto-Ramírez, Hui Jiang, Katherine Strasser, Leydi Johana Chaparro-Moreno, Laura M. Justice, Early home learning environment profiles and their contribution to child development in Chile, *Journal of Applied Developmental Psychology*, Volume 82, 2022,
- [d12] Angharad E. Beckett, "But tell me, where do the children play?" Disabled children and the right to play, Editor(s): Robert J Tierney, Fazal Rizvi, Kadriye Ercikan, *International Encyclopedia of Education (Fourth Edition)*, Elsevier, 2023,
- [d13] Natalie Day, Lisa Kervin, Fred Paas, Sahar Bokosmaty, Steven.J. Howard, Enriching parent-child play through supported play groups to foster children's self-regulation: Protocol for a randomised control trial, *International Journal of Educational Research*, Volume 113, 2022,
- [d14] Laura Belschner, Sarah Yao Lin, Diana Franco Yamin, John R. Best, Kouros Edalati, Joanna McDermid, S. Evelyn Stewart, Mindfulness-based skills training group for parents of obsessive-compulsive disorder-affected children: A caregiver-focused intervention, *Complementary Therapies in Clinical Practice*, Volume 39, 2020,

- [d15] Koshihara M, Senoo A, Karino G, Ozawa S, Tanaka I, Honda Y, Usui S, Kodama T, Mimura K, Nakamura S, Kunikata T, Yamanouchi H, Tokuno H. Susceptible period of socio-emotional development affected by constant exposure to daylight. *Neurosci Res.* 2015 Apr;93:91-8.
- [d16] Koshihara M, Watarai-Senoo A, Karino G, Ozawa S, Kamei Y, Honda Y, Tanaka I, Kodama T, Usui S, Tokuno H. A Susceptible Period of Photic Day-Night Rhythm Loss in Common Marmoset Social Behavior Development. *Front Behav Neurosci.* 2021 Feb 2;14:539411.
- [d17] Oda K, Colman R, Koshihara M. Simplified Attachable EEG Revealed Child Development Dependent Neurofeedback Brain Acute Activities in Comparison with Visual Numerical Discrimination Task and Resting. *Sensors (Basel).* 2022 Sep 23;22(19):7207.
- [d18] Nakamura S, Karino G, Senoo A, Mimura K, Shirakawa Y, Yamazaki K, Fukushima Y, Obara S, Sekihara H, Ozawa S, Yui K, Koshihara M. [Development and neural basis of social behavior]. *Seishin Shinkeigaku Zasshi.* 2012;114(8):921-7.
- [d19] Mimura K, Kishino H, Karino G, Nitta E, Senoo A, Ikegami K, Kunikata T, Yamanouchi H, Nakamura S, Sato K, Koshihara M. Potential of a smartphone as a stress-free sensor of daily human behaviour. *Behav Brain Res.* 2015 Jan 1;276:181-9.
- [d20] Karino G, Senoo A, Kunikata T, Kamei Y, Yamanouchi H, Nakamura S, Shukuya M, Colman RJ, Koshihara M. Inexpensive Home Infrared Living/Environment Sensor with Regional Thermal Information for Infant Physical and Psychological Development. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Sep 19;17(18):6844.
- [d21] Koshihara M, Senoo A, Mimura K, Shirakawa Y, Karino G, Obara S, Ozawa S, Sekihara H, Fukushima Y, Ueda T, Kishino H, Tanaka T, Ishibashi H, Yamanouchi H, Yui K, Nakamura S. A cross-species socio-emotional behaviour development revealed by a multivariate analysis. *Sci Rep.* 2013;3:2630.
- [d22] Yui K, Koshihara M, Nakamura S, Onishi M. [Therapeutic effects of larger doses of arachidonic acid added to DHA on social impairment and its relation to alterations of polyunsaturated fatty acids in individuals with autism spectrum disorders]. *Nihon Shinkei Seishin Yakurigaku Zasshi.* 2011 Jun;31(3):117-24.
- [d23] Koshihara M, Mimura K, Sugiura Y, Okuya T, Senoo A, Ishibashi H, Nakamura S. Reading marmoset behavior 'semantics' under particular social context by multi-parameters correlation analysis. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry.* 2011 Aug 1;35(6):1499-504.
- [d24] Koshihara M, Karino G, Senoo A, Mimura K, Shirakawa Y, Fukushima Y, Obara S, Sekihara H, Ozawa S, Ikegami K, Ueda T, Yamanouchi H, Nakamura S. Peer attachment formation by systemic redox regulation with social training after a sensitive period. *Sci Rep.* 2013;3:2503.

- [d25] Koshihara M, Kakei H, Honda M, Karino G, Niitsu M, Miyaji T, Kishino H, Nakamura S, Kunikata T, Yamanouchi H. Early-infant diagnostic predictors of the neuro-behavioral development after neonatal care. *Behav Brain Res.* 2015 Jan 1;276:143-50.
- [d26] Senoo A, Okuya T, Sugiura Y, Mimura K, Honda Y, Tanaka I, Kodama T, Tokuno H, Yui K, Nakamura S, Usui S, Koshihara M. Effects of constant daylight exposure during early development on marmoset psychosocial behavior. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry.* 2011 Aug 1;35(6):1493-8.
- [d27] Koshihara M, Karino G, Mimura K, Nakamura S, Yui K, Kunikata T, Yamanouchi H. Psycho-Cognitive Intervention for ASD from Cross-Species Behavioral Analyses of Infants, Chicks and Common Marmosets. *CNS Neurol Disord Drug Targets.* 2016;15(5):578-86.
- [d28] Koshihara M, Shirakawa Y, Mimura K, Senoo A, Karino G, Nakamura S. Familiarity perception call elicited under restricted sensory cues in peer-social interactions of the domestic chick. *PLoS One.* 2013;8(3):e58847.
- [d29] Mimura K, Nakamura S, Koshihara M. A flexion period for attachment formation in isolated chicks to unfamiliar peers visualized in a developmental trajectory space through behavioral multivariate correlation analysis. *Neurosci Lett.* 2013 Jun 28;547:70-5.
- [d30] Homberg JR, Kyzar EJ, Nguyen M, Norton WH, Pittman J, Poudel MK, Gaikwad S, Nakamura S, Koshihara M, Yamanouchi H, Scattoni ML, Ullman JF, Diamond DM, Kaluyeva AA, Parker MO, Klimenko VM, Apyratin SA, Brown RE, Song C, Gainetdinov RR, Gottesman II, Kalueff AV. Understanding autism and other neurodevelopmental disorders through experimental translational neurobehavioral models. *Neurosci Biobehav Rev.* 2016 Jun;65:292-312.
- [d31] Söyüncü S, Yiğit O, Eken C, Bektaş F, Akçimen M. Water park injuries. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2009 Sep;15(5):500-4.
- [d32] Roy BC, Frank MC, DeCamp P, Miller M, Roy D. Predicting the birth of a spoken word. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2015 Oct 13;112(41):12663-8.