

2023 年度グラデュエーションペーパー
予稿

題 目	
非認知能力を計測するシステムの 開発と検証	
技術経営論文	ビジネス企画提案

学籍番号	8822227	氏 名	土岐 竜一
------	---------	-----	-------

教 員	
主 査	中山 裕香子 教授
担当審査委員	岸本 太一 講師

東京理科大学大学院 経営学研究科 技術経営専攻

「非認知能力を計測するシステムの開発と検証」

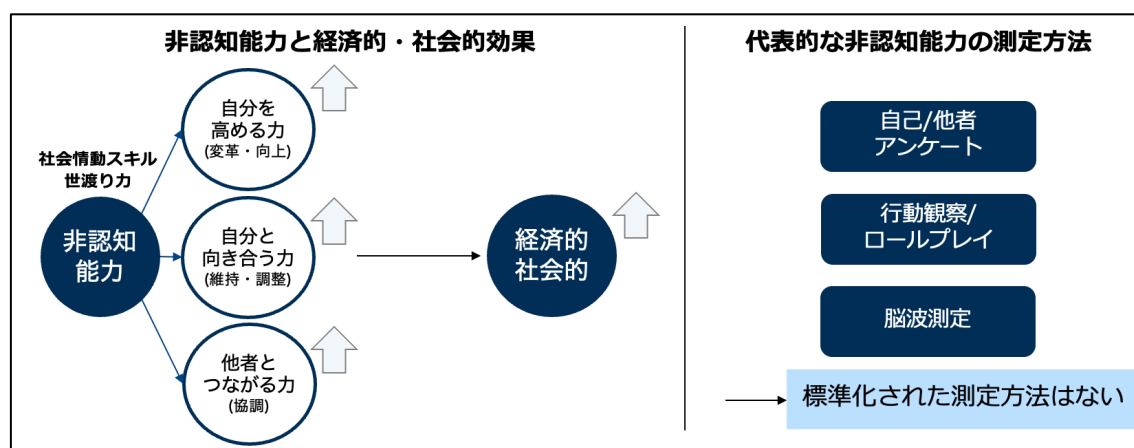
目次

第1章 はじめに 第2章 研究の背景 (1) 認知能力と非認知能力 (2) 非認知能力とその社会的・経済的影響 (3) 社会的ニーズ (4) メタ認知能力との関係性 第3章 問題提起（リサーチクエスション） (1) 現在の非認知能力の測定方法と課題 (2) 「あそび」に重点を置いた新しい測定方法の提案 第4章 先行研究の検討 (1) 認知能力/非認知能力とゲームとの関係性 (2) 非認知能力のゲームによる計測 (3) 先行研究を受けた本研究の方向性 第5章 仮説構築 (1) 楽器を利用した「あそび」を取り入れた、非認知能力測定システムの提案 (2) システム概要 (3) 計測および分析方法 (4) 妥当性・信頼性の検証方法 第6章 システム検証 (1) 実施環境 (2) 検証 1:直線ルート (3) 検証 2:ルートの曲線への変更 (4) 検証 3:ルートのパターンを3つ用意 (5) 検証 4:ルートの複数選択性用意	第7章 考察 (1) 検証結果の考察 (2) 被験者インタビュー結果 (3) 生成 AI を利用した分析と考察 第8章 非認知能力「向上」に向けて (1) 非認知能力を向上させる方法 (2) 学習管理システムの必要性 (3) EdTech ビジネスへの適用可能性 (4) 共感力への注目 第9章 まとめ (1) 本研究の意義 (2) 今回の検証で判明したこと (3) 今後の課題と展望 謝辞 図表一覧 参考文献 付録 (1) 利用した機器/ソフトウェア等 (2) プログラム等
---	---

1. 研究背景

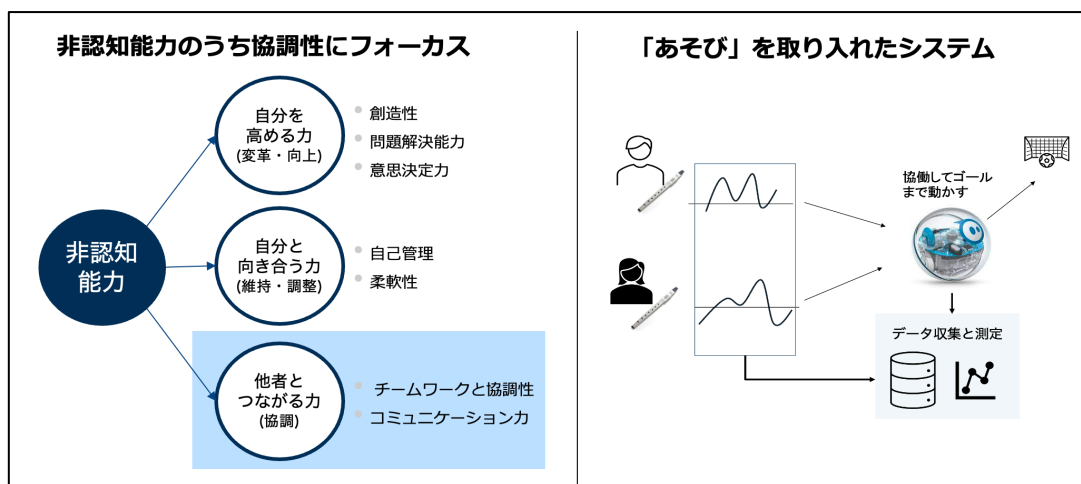
近年、非認知能力の向上が経済的・社会的な成功に結びつき、イノベーション創出にも関係するとされている。非認知能力とは、知能検査などで測定される「知能」や、学校での定期試験などで測定される「学力」とは異なるものであり、社会情動的スキル、すなわち「世渡り力」とも称される。ビジネスの現場や教育機関でも、この非認知能力の育成や評価への関心が高まっている。非認知能力は大人になっても向上する可能性があるが、特に子供時代にその発展が顕著とされている[1]。

一方、非認知能力の測定に関するこれまでの研究手法としては、自己/他者アンケートを中心にしたものや、行動観察、脳波測定などがあげられる。ただし、これらは、子供にとって自己アンケートは複雑で回答しにくい、評価者の主観性が介入しやすい、測定に時間がかかる、などの問題が指摘されており、標準化された測定方法はない。



2. 「あそび」を取り入れた、非認知能力測定システムの提案

非認知能力は「自分を高める力」や「自分と向き合う力」などの要素があるが、今回は、その中でも「他者につながる力(協調性)」に注目する。協調性の能力は、特に、現代の多くのプロジェクトがチームベースで行われる中、業界を問わず求められるスキルとなっている。本研究では、「あそび」を取り入れた新しい計測システムについて提案し、その有効性を検証する。学童期の多くが経験する縦笛を模した電子デバイス(電子リコーダー)を用いて、ボールを操作し、その反応を分析、「協調性」を計測する。



3. 先行研究例

先行研究には、いくつか簡易的なゲームを構築して測定した例がある[2][3]。本研究は、より「あそび」に寄って、かつデータ収集ができるシステムを提案する。

大学生の非認知能力的能力の計測を試みるゲーム開発[*2]

画面に逐次表示される画像を、タイミングよく複数人がマウスでクリックするゲーム

図3 クリック速度の変化の例

[*2]竹内俊彦、草山太一、立野貴之、山本美紀、若山昇、「大学生の非認知能力的能力の計測を試みるゲーム開発」, 教育システム情報学会 第45回全国大会, 2020/9, <https://www.jsise.org/taikai/2020/program/contents/pdf/P1-02.pdf>

作業時間の見積もり能力と非認知能力[*3]

簡単な計算問題のセットを提示し、時間を見積もらせる。実際に問題を解いてもらい、自己申告した見積もりとの差と、非認知能力との相関関係を調べる試み（見積もりとの差と非認知能力あり/なしとの相関はアンケートで計測）

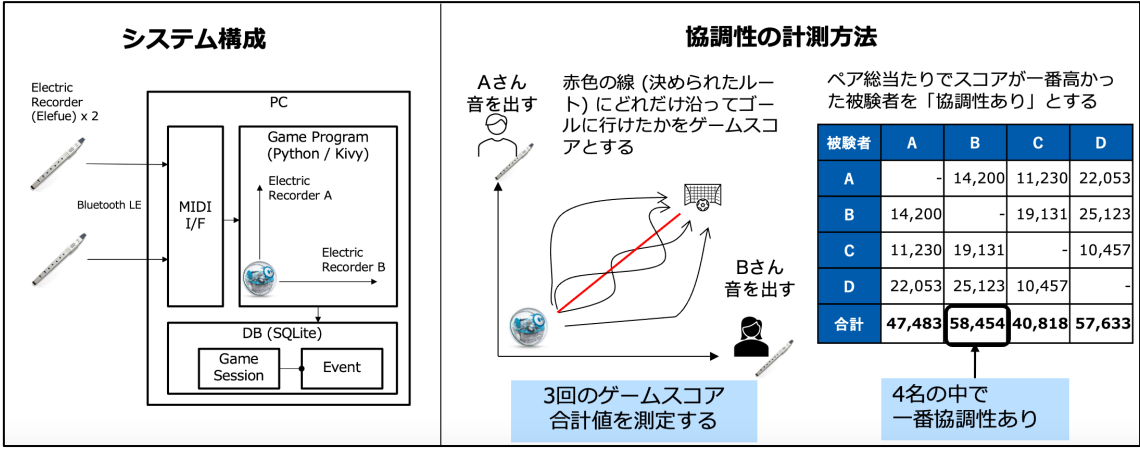
[*3]竹内俊彦、若山昇、立野貴之、山本美紀、草山太一、「作業時間の見積もり能力と非認知能力」, 教育システム情報学会誌vol.35, no.7, 2021/3, <https://www.jsise.org/society/committee/2020/special/TR-035-07-C-2-1.pdf>

4. 計測と分析方法

本研究で提案する計測システムは、具体的には、学童期に大多数が経験をする縦笛をモチーフとした電子デバイス(電子リコーダー)を使用し、その操作に基づく反応を分析することで、被験者の「協調性」の能力を計測する。電子リコーダーで音を出すと、PC画面内でボールが「音の長さ」と「強さ」に応じて決められた方向に動くシステムを開発した。

2種類のリコーダーがあり、それぞれ90度違う方向にボールを動かすことができる。ゲームとしては、被験者は2人ペアになり、それぞれがリコーダーを吹いて、このシステムであそんでもらう。2人は協力して、スタート地点から目的地まで決められたルートを通して

ボールを運ぶゲームをする。決められたルートに沿って進むことでスコアが加算される。練習時間を設け、ペアごとに3回ゲームを実施し合計値を測定する。これを、複数被験者に対してペア総当たりで実施し、一番スコアが高かった被験者を「協調性が高い」と判断する。



非認知能力は標準化された手法が無く、測定が難しいと言われる一方、心理学においては性格特性(personality trait)として Big5 性格因子モデルが指標として用いられ、研究されている。OECD 社会情動的スキルなどのベースになっている[4]。今回、協調性計測の妥当性/関連性を測るため、Big5 性格因子モデルに基づくテストを利用した[5]。この中で、社会情動的スキルや非認知能力において関連性があるものとして「協調性」に注目し、実際の協調性との関連がどの程度あるかを確認した。

非認知能力	Big5 OECD(2018)	社会情動的スキル OECD(2018)
自分を高める力 (変革・向上)	有責性や組織性を示す。高いスコアの人は計画的で信頼性があり、低いスコアの人は柔軟で自発的な行動をとる傾向がある	目標の達成
	新しい経験やアイデアに対する開放性を示す。高いスコアを持つ人は創造的で好奇心が強い傾向があり、低いスコアの人は従来の方	
	法や考え方を好む傾向がある	
自分と向き合う力 (維持・調整)	感情の不安定性やストレスに対する感受性を示す。高いスコアの人は感情的で不安定な傾向があり、低いスコアの人は冷静で安定している傾向がある	感情の コントロール
	情動反応性:	
他者とつながる力 (協調)	社交性のレベルを示す。高いスコアの人は社交的で活発、低いスコアの人は内向的で控えめな傾向がある	他者との協働
	協調性: 他者との協力や共感の度合いを示す。高いスコアの人は友好的で協力的、低いスコアの人は競争的で批判的な傾向がある	

5. 検証

教員・学生を含む、成人男女計 10 名の被験者を対象。室内の静かな環境にて、PC 画面を、プロジェクターで 60 インチ程度の大きなスクリーンに投影し、スクリーンを被験者が見る形で行ったが、立ち位置や向きなどに対して特に制限などはなく、被験者に任せて自由とした。ゲームは被験者 4 名の場合、総当たりで 6 ゲーム。全体のゲーム時間としては、1 ゲームあたり 3 セットで約 2~3 分(1 セットあたり 15~30 秒程度、セット間に 15 秒のインターバル)。練習や入れ替えも含め、トータルとしては 20~25 分程度で終了するゲームとなった。また、子供に対しても操作感やゲーム性における有用性を確認した(「笛でボールを動かす」という操作が楽しく、子供でも興味を持ちとっつきやすい、パパとママとやりたい、という感想)。

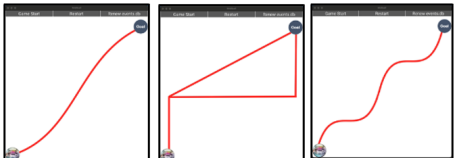


実証実験では、試行錯誤を繰り返し、ゲームのパターンを変化させた。当初決められたルートは直線だけであったが、これであると最初に呼吸を合わせるだけのタイミングゲームになってしまい、協調もなく攻略できてしまっていた。被験者インタビューも参考に、ルートを曲線に変更、またパターンを 3 つ用意することで、会話による協調動作が生まれた。最終的には、時間を加味したスコアの計算とした。ルート選択性を増やし、かつゴール時間を意識させることにして、より会話を即すことができた。

時間を加味したスコアの計算方法は以下のとおり。

$$\text{ゲームスコア} = \text{ルートに沿っているか} - (\text{ゴールまでの秒数} - 15 \text{ 秒}) * 400$$

ルートに沿っていると、ゲームによって 4,000~8,000 点がつく。ボールが動きながら線に接しているかどうかで判定。15 秒は目標として被験者に指示した秒数。400 点は、10 秒超えると点数が 0 もしくは半分になる前提としてつけた値(今回は 3 パターンともに同一とした)。検証 4 のパターン 2 で早いルートを選択するなど、逆に早くつくと加点になる。

検証1 ・ボールが単純な直線ルートを動き、ゴールを目指す 	検証3 ・ルートパターンを3つ用意 ・面積値ではなく、線に近いほどスコアがあがるように修正 
検証2 ・ルートを直線から曲線へ変更 	検証4 ・パターン2でのルートに複数選択性を準備 ・ゴールまでの目標時間を15秒に設定し、それを超えるとスコアが- (早くつくと+) 

※検証4におけるA～D被験者4名によるゲームスコア、Big5性格因子、ボールの軌跡については、付録参照

6. 検証結果と考察

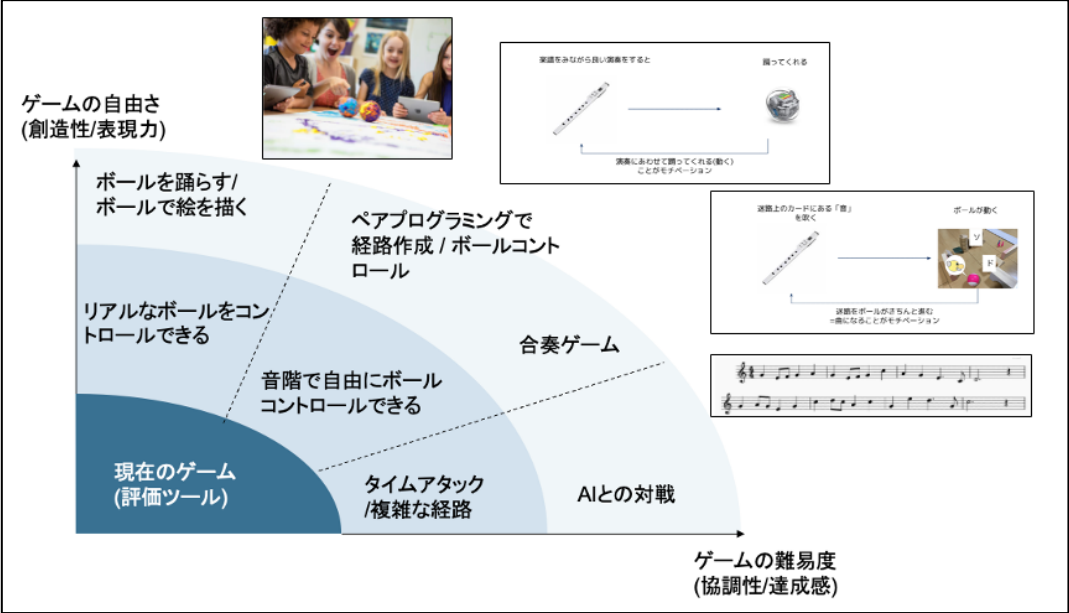
ルートのパターンの変更、複数ルートの採用、ゴールするまでの時間要素の考慮など、システムの改良を加えることで「協調性」に対する実験結果の相関係数が高まった。システムの改良が効果的であったと考えられる。当初、「いかにルートを外さないよう、お互いが協調的に操作をするか」に注目していたが、時間を意識させたことでよりよい結果が得られた。つまり、「いかに決められたルートから外さないようお互いが調整するか」だけではなく「いかにそれを時間どおりに早く行うか」という、パラメータを増やすことでシステムの精度が向上した。

段階	説明(更新点)	結果(相関係数 r)
		協調性
検証1: PC上 ゲームへの変更	・ボールが単純な直線ルートを動き、ゴールを目指す	-.299
検証2: ルート の曲線への変更	・ルートを直線から曲線へ変更	.191
検証3: ルート パターンを3つ用 意	・ルートパターンを3つ用意 ・面積値ではなく、線に近いほどスコアがあがるように修正	.310
検証4: ルート の選択性を準備	・ルートパターン2でのルートに複数選択性を準備 ・ゴールまでの時間を15秒に設定し、それを超えるとスコアがマイナス	.373

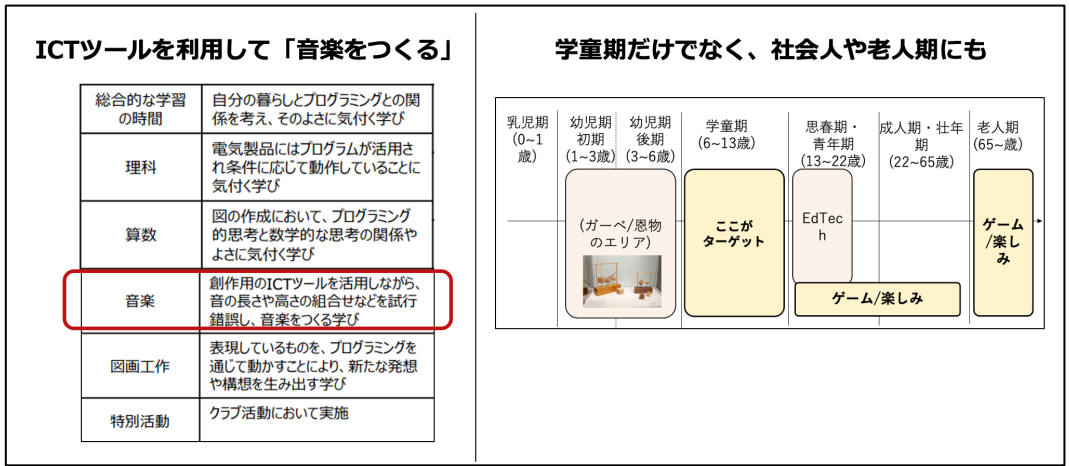
また、追加で検証/拡張ができるよう、ソースコード等はGitHubに公開済である(<https://github.com/rtoki/midi-ball>)。

7. 非認知能力「向上」に向けて

現在のツールは非認知能力の「評価」に主体を置いているが、ゲーム性を持たせているため、ゲーム内容やゲームごとの達成条件を工夫することで、非認知能力の向上をさせる拡張ができると考える。



特に文科省においては、小学校段階におけるプログラミング教育の実施例として、普段の教科にも広くプログラミングを取り入れることを提案している[6]。まさに「プログラミング」と「非認知能力の向上」をセットで考えることは相性が良く、例えばプログラミングおよび音楽の両要素の面で、創造性/表現力、協調性/達成感を向上させる仕組みを、保護者や学校関係者にツールやプラットフォームとして提供できると考える。また、学童期だけでなく、他の年代においても、例えば社会人においてレクリエーションやチームビルディングのために導入したり、高齢者においても楽しみや健康維持のために利活用したりできると考える[7]。



8. まとめ

非認知能力は特に学童期に顕著に向上するが、標準化/確立された測定方法は存在していない。協調性を測る方法としては、今回のシステムの有効性検証のためにも用いた、**Big5** 性格因子モデルテスト(自己アンケート)などがある。しかしながら、このテストは自分自身の行動や考え方について多数の質問に答えるものであり、学童期の子供にとっては回答が難しい。本研究では、まず基本的なシステムを作成し、被験者からの意見を反映しながらシステムの改良を図っていった。具体的には、直線的だったルートパターンを曲線に変更、複数ルートの採用、ゴールするまでにかかった時間の計測などである。「ルートに沿う」だけでなく「時間を意識させる」など、複数パラメータを考慮することにより「協調性」を測定する精度が高まった。本システムは小学校低学年の児童も楽しんで使うことが検証されており、システムの改良を続けることで、学童期の児童を対象とした、効果的な「協調性」測定ツールとしての可能性が高まると考えている。

今後の取り組みとして、以下を検討する。

- 非認知能力評価ツールとして、より広く検証を実施していく
- 「非認知能力の向上」をサポートするシステムの構築。例えば、子供同士や親子2人で「合奏」をできたり、プログラミングできたりするゲーム。自由さと難易度を拡張していく
- ビジネスへの適用可能性検証。成年期や高齢者もターゲット。「プログラミング x 音楽学習」ツールやプラットフォームとして

参考文献

- [1] ジェームズ・J・ヘックマン、「幼児教育の経済学」．東洋経済新報社，2015
- [2] 竹内俊彦、草山太一、立野貴之、山本美紀、若山昇，「大学生の非認知的能力の計測を試みるゲーム開発」，教育システム情報学会 第45回全国大会，2020/9，
<https://www.jsise.org/taikai/2020/program/contents/pdf/P1-02.pdf>
- [3] 竹内俊彦、若山昇、立野貴之、山本美紀、草山太一，「作業時間の見積もり能力と非認知能力」，教育システム情報学会誌 vol. 35, no. 7, 2021/3,
<https://www.jsise.org/society/committee/2020/special/TR-035-07-C-2-1.pdf>
- [4] 経済協力開発機構(OECD)，「社会情動的スキル-学びに向かう力」，明石書店，2018/5
- [5] 被験者に対して Big5 診断を無料で行えるテスト BIG5-BASIC <https://blog.big5-basic.com/>
- [6] 文部科学省生涯学習政策局情報教育課 教育の情報化の動向－新学習指導要領下のプログラミング教育，https://www.soumu.go.jp/main_content/000552485.pdf
- [7] エリク・H・エリクソン、ジョーン・M・エリクソン、村瀬孝雄・近藤邦夫（訳）ライフサイクル、その完結【増補版】．みすず書房，2001

付録

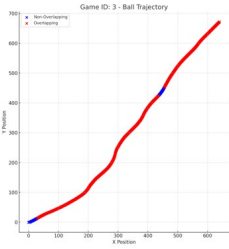
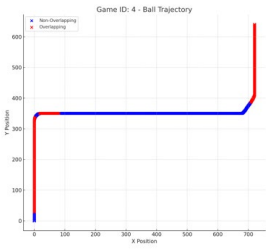
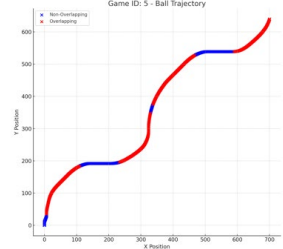
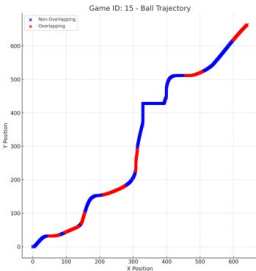
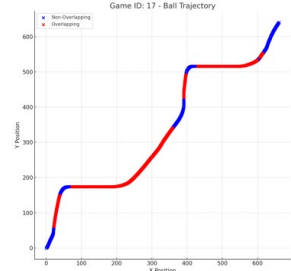
検証 4:ゲーム結果

	A	B	C	D
A	-	6,050	3,155	1,755
B	6,050	-	-24,135	-2,985
C	3,155	-24,135	-	-5,250
D	1,755	-2,985	-5,250	-
合計	7,697	-24,417	-26,430	-6,644

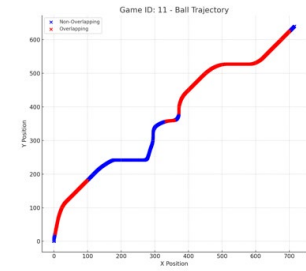
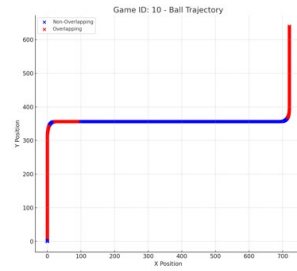
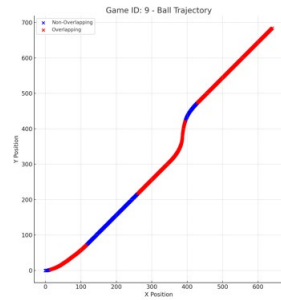
検証 4:Big5 性格因子の結果

Big5↩	A↩	B↩	C↩	D↩
外向性↩	82↩	32↩	65↩	87↩
協調性↩	82↩	57↩	73↩	52↩
勤勉性↩	99↩	84↩	67↩	80↩
情緒安定性 ↩	96↩	47↩	57↩	85↩
創造性↩	24↩	67↩	76↩	79↩

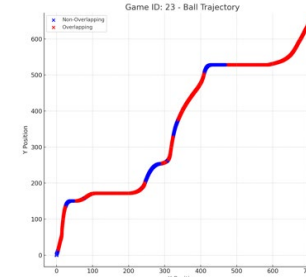
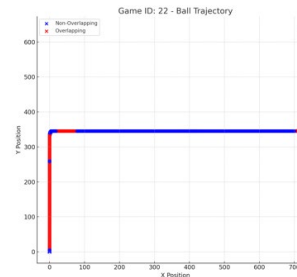
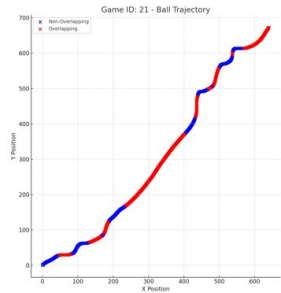
検証 4: ボールの軌跡 (赤字はルートに沿っている、青字はルート外)

組合せ	グラフ(ボールの軌跡)		
	パターン 1	パターン 2	パターン 3
A-B			
A-C			

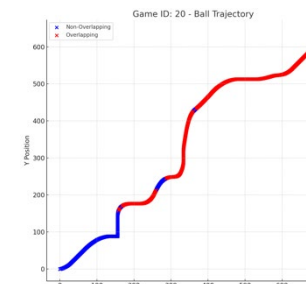
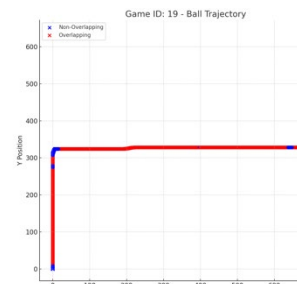
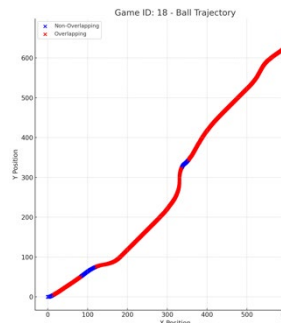
A-D



B-C



B-D



C-D

